

Ғылыми журнал
2000 жылдың
қаңтарынан бастап
шығарылады.
Жылына 4 рет
шығады.

Редакциялық кеңес

М.Б. Имандосова
Президент-ректор
ҚазККА
К.Е. Альмагамбетов
«ҚТЖ» ҰК» АҚ
Басқарма
төрағасының бірінші
орынбасары
Б.П. Урынбасаров
Инфрақұрылым
жөніндегі басқарушы
директор, «ҚТЖ»
ҰК» АҚ - «МЖБ»
филиалының
директоры
В.Н. Глазков
(т.ғ.к., доцент.,
МИИТ, Ресей)
Б.Б. Телтаев (т.ғ.д.,
проф., «ҚазжолҒЗИ»
АҚ, ҚР)
А.В. Давыдов (э.ғ.д.,
проф., «СГУПС»)
Кевин Бирн
(PhD докторы,
Корольдік көлік және
логистика
институтының
президенті,
Ұлыбритания)
Т. Болотбек (т.ғ.д.,
проф., ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)
О.Т. Шатманов (т.ғ.д.,
проф., ҚМҚКАУ,
Қырғызстан)
А.В. Сладковский
(т.ғ.д., проф.,
Силезтехникалықунив
ерситеті, Польша)
Р.Б. Ботабеков (э.ғ.д.,
Жолаушылар
компаниясы «Туран
Экспресс» ЖШС-ның
Вице-президенті)
Н.К. Игембаев (т.ғ.к.,
«КТЗ Express» АҚ
вице-президенті)
Ж.Т. Нұрсейтов
(э.ғ.д., проф., «ӘТЖК»
АҚ)
К.П. Шенфельд
(т.ғ.д., проф.,
«ТКҒЗИ» АҚ)

М. Тынышбаев атындағы
Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының
ХАБАРШЫСЫ №1
2020

МАЗМҰНЫ

Темір жол көпірлерінің арқалық аралық құрылыстарымен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылы И.С. Бондарь, П.Т. Ахметова, С.Б. Кыстаубаев	10-16
Метрополитен станциясының сілкіністі жүктемелер әсеріндегі кернеулі-деформациялық күйін есептеу Н.М. Махметова, С.А. Зверев, В.Г. Солоненко	16-22
Станция қатпарламасының кернеулі-деформациялық күйінің геомеханикалық моделі Н.М. Махметова, А.А. Абдурахманов, В.Г. Солоненко	23-28
Бетонның бастапқы беріктігін өндірудің термодинамдық негіздері Р.Т. Бржанов	28-36
Көлік жүктемесі әсер еткенде ұшқабатты қаптамамен күшейтілген таяз көмілген тоннельдің математикалық моделдеу В.Н. Украинец, Ж.О. Отарбаев, С.Р. Гирнис	36-45
Ескірудің және пластикалық деформацияға алюминий қорытпасы ад31-дің механикалық қасиеттері мен құрылымына әсері А.Е. Удербаяева, К.К. Нурахметова, А.А. Наурызбаева	45-52
ЖОО оқытушыларының еңбек процесінің шиеленісуі бойынша еңбек жағдайын гигиеналық бағалау М.Д. Зальцман Б.Б. Құрмашев	53-60
Жылжымалы құрамды габаритке енгізу теориясы мен практикасы Ж.С. Мусаев, Н.В. Ивановцева, А.А. Дарханбаева	61-68
Асинхронды қосалқы электр машиналарының пайдалану сенімділігін арттыру С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	69-79
Ток қабылдағыштың жоғарғы түйінінің параметрлерін оның түйіспелі аспамен өзара әрекеттесуі кезінде анықтау С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	79-89
Локомотивтердің асинхронды тартқыш жетегі Ж.С. Ибраев, Н.Р. Джакупов, Д.С. Куштаева	89-97
Жүк вагондары арбаларының букстік торабының дірілін резинометаллды жұтқыш Е.Г. Адильханов, К.Б. Жакупов, Ш.А. Секерова	97-106
Рессорлық ілудің әртүрлі сипаттамалары бар жана буын жүк арбаларының динамикалық көрсеткіштерін бағалау Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, Ж.С. Тынышқалиев	106-114
КЗ8А электровоздарын пайдалану перспективалары Қазақстан Республикасының темір жолдарында Н.А. Токмурзина-Коберняк, А.Т. Камиров	114-121

Редакция алқасы

М.Б. Имандосова –
бас редакторы
С.Е. Бекжанова
(т.ғ.д., профессор)-
бас редактордың
орынбасары
А.К. Ибраимов
(т.ғ.к., доцент)
Г.С. Мусаева (т.ғ.д.,
проф.)
В.Г. Солоненко
(т.ғ.д., проф.)
М.С. Кульгильдинов
(т.ғ.д., проф.)
С.Е. Бекжанова
(т.ғ.д., проф.)
М.С. Изтелеуова
(т.ғ.д., проф.)
Т.К. Койшиев (т.ғ.д.,
проф.)
А.К. Калтаев (э.ғ.к.,
доцент)
О.И. Чуркина (ф.-
м.ғ.к., доцент)
А. Панаева -
техникалық редактор

**Редакция мекен-
жайы:**

Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ.,
Шевченко көшесі, 97.

Тел./факс: +7 (727)
292-49-14, 292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Сайт: www.kazatk.kz

Жекеменшік –
«М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы» АҚ

Өнеркәсіптік темір жол көлігіндегі тепловоздарының тәсілдік сипаттамаларын қолдану аппроксимациясы А.В. Рожков, Р.Р. Хайбуллин, М.А. Нартов, Т.Р. Бикенов	122-130
Локомотив бригадаларына электромагниттік өрістің әсер ету деңгейін бағалау А.М. Елшібеков, Ш.А. Абдрешов, Д.К. Сейсенкулов	130-137
Жол-көлік оқиғасын тексеру кезіндегі шешімдерді талдау Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	138-143
Жолдарды қыста ұстау үшін автогрейдер металл конструкциясының сенімділігін арттыру А.Г. Савельев, М.В. Дудкин, А.И. Ким	143-149
Жол салу құрылысы кезінде машина кешенің пайдаланудың оңтайландыру әдісін зерттеу және әзірлеу С.Ж. Кабикенов, В.С. Портнов, А. Сұңғатоллақызы	149-158
Желім қосылыстарында созылу кезінде туындайтын кернеулерді сандық бейнелер корреляция әдісі арқылы тәжірибелік зерттеу Г.М. Ахмет, А.Е. Канажанов, М.Ф. Ахметов, М.В. Таран	158-165
Шахталық көтергіш машинаның болат конструкциясының кернеулі-деформацияланған күйін компьютерлік моделдеу А.Д. Мехтиев, Ф.Н. Булатбаев, Ю.Ф. Булатбаева	165-172
Автокөліктердің тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытына әсер ететін факторлар Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	172-178
Бизнес-үрдістерді тиімді басқару негізіндегі «ҚТЖ» ҰК» АҚ ақпараттандыру М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина	179-183
Қазақстандағы жолаушылар көлігінің даму тенденциясы С.Ж. Кабикенов, Т.У. Уәлихан, Б.К. Мусабаев	184-190
Тасымалдауды ұйымдастыру және көлікте басқару әдістері Б.К. Мусабаев, Ж.Г. Жанбиров, А.Б. Ебесова	190-196
Логистикада иммитациялық модельдеуді қолдану М.О. Юн, Д.М. Тюлюбаева, Н.Р. Джакупов	197-205
Қазақстандағы логистикалық саланы дамыту мәселелері А.М. Базенов, И.Г. Умешева, А.Н. Немасипова	205-210
Автомобиль көлігі арқылы ауыр салмақты жүктерді тасымалдау ерекшеліктерін зерттеу Р.Д. Мусалиева, Г.С. Файзулла, Д. Рсалыулу	210-218
Қалааралық және халықаралық автокөлік тасымалдарын ұйымдастыру А.Б. Ебесова, Ж. Байбураева, Ж.Г. Жанбиров	218-224
Қазақстандағы автокөлікпен жүк тасымалы саласын дамытудың қажетті шарты ретінде заңнамалық базаны жетілдіру Н.С. Кулагина, Д.М. Тюлюбаева	224-233
Жылжымалы құрамды диагностикалау жүйелерін автоматтандыру және талдау М.Ж. Спабекова, А.Ж. Тойгожинова, В. Вуйцик	234-241
Жел дөңгелегі вертикальды осі бар жел орнатулар конструкцияларын жетілдіруінің даму бағытын зерттеу Е.С. Аскаров, Ә.Ж. Жанкелді, И.М. Дюсебаев	241-247

Журнал Қазақстан
Республикасы
Мәдениет, ақпарат
және спорт
Министрлігінде
қайта тіркеуден
өткен
Күәлік № 6233-ж
17.08.2005 ж.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

ТОО «Powerprint»
Заңды мекен-жайы:
Алматы қаласы
Алатау ықшам
ауданы, Мирас
көшесі, 86 үй.Нақты
мекен-жайы:
Алматы қаласы
Мәуленов к-сі, 110

Жоғары вольтты қағаз-майлы оқшаулауды бақылау әдісі Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, Ж.С. Сериккалиев	248-255
Жерге тұйықтау құрылғысы сипаттамаларының электрлік орталықтандыру постының электромагниттік жағдайына әсері Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, С.Т. Анарбаева	255-262
Ғарыштық аппараттардың фотоэлектрлік түрлендіргіштерін ашуды моделдеу Д.М. Калманова, О.К. Абдирашев, А.К. Орнов	262-269
500 кВ-тық «ЖІТІҚАРА-ҮЛКЕ» электр желісіндегі электр энергия шығындарын корреляция-регрессиялық талдау К.Ж. Калиева, Л.Ш. Утешкалиева, М.А. Ежбеков	269-278
Глиалды нейрондық желі - зияткерлік желілерге жаңа көзқарас Д.В. Панюкова, О.И. Ширяева, Г.Б. Нурпеисова	278-283
Радиоарна бойынша ары қарай жіберуі үшін санағыш көрсеткіштерінің есептеу алгоритмі А.Б. Мирманов, К.И. Острецов, С.Б. Байгуаныш	283-292
Суреттердегі жасырын ақпарат Э.Н. Дайырбаева, Ф.А. Мурзин, М.А. Липская	292-299
Қорлардың көрсеткіштерін анықтау үшін болжаудың математикалық әдістерін қолдану Б.А. Казангапова, А.А. Ержан, А.А. Иванов	299-306
Анық емес нейрожелілік технологияларды пайдалану арқылы көліктік есептерді шешуге арналған зияткерлік ақпараттық жүйені әзірлеу Б.А. Казангапова, Е.К. Социалов, А.Н. Нургулжанова	306-316
Бөгеуілге төзімді кодалаудың тиімділігін талдау үшін мәліметтерді жинақтауды кодалауды зерттеу М.А. Сайдахметов, Н.А. Оспанова, К.А. Балабатыров	316-320
Multisim қосымшыдағы фазалық-инверторлық жұмыс күшейткіштерінде 16-QAM модуляторының схемалық сызбасын жобалау И.О. Косяков, Б.Ж. Алданияров, М.Ю. Полушин	320-326
«ТҰРМЫСТЫҚ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАР + КҮЛ» компосталанатын модельді композиттегі ксенобиотиктер мен микробиоценоздардың уақыттағы техногендік трансформациясы Г.А. Джамалова, А.В. Гарабаджиу, С.М. Джолдыбаева, Т.А. Сериков	326-334

Баспаға қол қойылған күні 29.04.2020 ж. Тираж 500 дана. Тапсырыс № 971

Научный журнал
издается
с января 2000 года.
Периодичность: 4
номера в год.

**Редакционный
совет**

М.Б. Имандосова
Президент-ректор
КазАТК
К.Е. Альмагамбетов
Первый заместитель
Председателя
Правления АО «НК
«ҚТЖ»
Б.П. Урынбасаров
Управляющий
директор по
инфраструктуре,
директор филиала АО
«НК «ҚТЖ» - «ҚЖС»
В.Н. Глазков (к.т.н.,
проф., МИИТ,
Россия)
Б.Б. Телтаев(д.т.н.,
проф., АО «Каздор
НИИ», РК)
А.В. Давыдов (д.э.н.,
проф., «СГУПС»)
Кевин Бирн (доктор
PhD, Президент
Королевского
института логистики
и транспорта,
Великобритания)
Т. Болотбек (д.т.н.,
проф., КГУСТА,
Кыргызстан)
О.Т. Шатманов(д.т.н.,
проф., КГУСТА,
Кыргызстан)
А.В.Сладковский(д.т.
н. проф., Силезский
технический
университет, Польша)
Р.Б. Ботабеков (д.э.н.,
Вице-президент ТОО
Пассажирская
компания «Туран
Экспресс»)
Н.К. Игембаев (к.т.н.,
Вице-приезидент АО
«KTZ Express»)
Ж.Т. Нурсейтов
(д.э.н., проф.,
АО «ВЖДО»)
К.П. Шенфельд
(д.т.н., проф.,
ВНИИЖТ, Россия)

ВЕСТНИК №1 2020

Казахской академии транспорта и коммуникаций
имени М. Тынышпаева

СОДЕРЖАНИЕ

Взаимодействие подвижного состава с балочными пролетными строениями железнодорожных мостов И.С. Бондарь, П.Т. Ахметова, С.Б. Кыстаубаев	10-16
Расчет напряженно-деформированного состояния станции метрополитена при сейсмических воздействиях Н.М. Махметова, С.А. Зверев, В.Г. Солоненко	16-22
Геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния обделки станции Н.М. Махметова, А.А. Абдурахманов, В.Г. Солоненко	23-28
Термодинамические основы повышения начальной прочности бетона Р.Т. Бржанов	28-36
Математическое моделирование динамики подкрепленного трехслойной обделкой тоннеля мелкого заложения при действии транспортной нагрузки В.Н. Украинец, Ж.О. Отарбаев, С.Р. Гирнис	36-45
Влияние старения и пластической деформации на механические свойства и структуру алюминиевого сплава АД31 А.Е. Удербаяева, К.К. Нурахметова, А.А. Наурызбаева.....	45-52
Гигиеническая оценка условий труда по напряженности трудового процесса преподавателей вузов М.Д. Зальцман, Б.Б. Курмашев	53-60
Теория и практика вписывания подвижного состава в габарит Ж.С. Мусаев, Н.В. Ивановцева, А.А. Дарханбаева	61-68
Повышение эксплуатационной надежности асинхронных вспомогательных электрических машин С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	69-79
Определение параметров верхнего узла токоприемника при его взаимодействии с контактной подвеской С.С. Абдуллаев, А.А. Райынбекова, Ж.А. Асилбай	79-89
Асинхронный тяговый привод локомотивов Ж.С. Ибраев, Н.Р. Джакупов, Д.С. Куштаева	89-97
Резинометаллический поглотитель вибраций буксового узла тележек грузовых вагонов Е.Г. Адильханов, К.Б. Жакупов, Ш.А. Секерова.....	97-106
Оценка динамических показателей грузовых тележек нового поколения с различными характеристиками рессорного подвешивания Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, Ж.С. Тынышкалиев	106-114
Перспективы использования электровозов KZ8A на железных дорогах Республики Казахстан Н.А. Токмурзина-Коберняк, А.Т. Камилов	114-121

**Редакционная
коллегия**

М.Б. Имандосова,
главный редактор
С.Е. Бекжанова
(д.т.н., профессор),
зам. главного
редактора
А.К. Ибраимов
(к.т.н., доцент)
Г.С. Мусаева (д.т.н.,
проф.)
В.Г. Солоненко
(д.т.н., проф.)
М.С. Кульгильдинов
(д.т.н., проф.)
С.Е. Бекжанова
(д.т.н., проф.)
М.С. Изтелеуова
(д.т.н., проф.)
Т.К. Койшиев (д.т.н.,
проф.)
А.К. Калтаев (к.э.н.,
доцент)
О.И. Чуркина (к. ф.-
м.н., доцент)
А. Панаева –
технический
редактор

Адрес редакции:

Республика
Казахстан, 050012, г.
Алматы,
ул. Шевченко, 97.

Тел./факс:
+7 (727) 292-49-14,
292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Сайт: www.kazatk.kz

Собственник – АО
«Казахская
академия
транспорта и
коммуникаций
имени
М. Тынышпаева»

Аппроксимация тяговых характеристик тепловозов промышленного железнодорожного транспорта А.В. Рожков, Р.Р. Хайбуллин, М.А. Нартов, Т.Р. Бикенов	122-130
Оценка уровня электромагнитного воздействия на локомотивную бригаду А.М. Елшібеков, Ш.А. Абдрешов, Д.К. Сейсенкулов	130-137
Анализ решений при расследовании дорожно-транспортных происшествий Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	138-143
Повышение надежности металлоконструкции автогрейдера для скалывания льда А.Г. Савельев, М.В. Дудкин, А.И. Ким	143-149
Исследование и разработка методов оптимизации использования комплекса машин при строительстве автодорог С.Ж. Кабикенов, В.С. Портнов, А. Сұңғатоллақызы	149-158
Экспериментальное исследование напряженных клеевых соединений, возникающих при растяжении на основе метода корреляции цифровых изображений Г.М. Ахмет, А.Е. Канажанов, М.Ф. Ахметов, М.В. Таран	158-165
Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния стальной конструкции шахтной подъёмной машины А.Д. Мехтиев, Ф.Н. Булатбаев, Ю.Ф. Булатбаева	165-172
Факторы, влияющие на время срабатывания тормозной системы автомобилей Е.Е. Баубеков, Ғ.Б. Бақыт, А.К. Жалинова	172-178
Информатизация АО «НК «ҚТЖ» на базе систем эффективного управления бизнес-процессами М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина	179-183
Тенденция развития пассажирского транспорта Казахстана С.Ж. Кабикенов, Т.У. Уәлихан, Б.К. Мусабаев	184-190
Организация перевозок и методы управления на транспорте Б.К. Мусабаев, Ж.Г. Жанбирова, А.Б. Ебесова	190-196
Применение имитационного моделирования в логистике М.О. Юн, Д.М. Тюлюбаева, Н.Р. Джакупов	197-205
Проблемы развития логистической отрасли в Казахстане А.М. Базенов, И.Г. Умешева, А.Н. Немасипова	205-210
Исследование особенностей перевозки негабаритных грузов автомобильным транспортом Р.Д. Мусалиева, Г.С. Файзулла, Д. Рсалыулу	210-218
Организация междугородных и международных автотранспортных перевозок А.Б. Ебесова, Ж. Байбураева, Ж.Г. Жанбирова	218-224
Совершенствование законодательной базы как необходимое условие для развития отрасли грузовых автомобильных перевозок в Казахстане Н.С.Кулагина, Д.М.Тюлюбаева.....	224-233
Автоматизация и анализ систем диагностирования подвижного состава М.Ж. Спабекова, А.Ж. Тойгожинова, В. Вуйцик	234-241

Журнал
перерегистрирован в
Министерстве
культуры,
информации и
спорта Республики
Казахстан
Свидетельство
№ 6233-ж
от 17.08.2005 г.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

Отпечатано в ТОО
«Powerprint»
Юр.адрес: г.Алматы,
мкр. Алатау,
ул. Мираса, д.86.
Факт. адрес:
г.Алматы,
ул. Мауленова, 110

Исследование направлений развития совершенствования конструкций ветровых установок с вертикальной осью вращения ветрового колеса Е.С. Аскарар, Ә.Ж. Жанкелді, И.М. Дюсебаев	241-247
Метод контроля высоковольтной бумажно-масляной изоляции Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, Ж.С. Сериккалиев	248-255
Влияние характеристик заземляющего устройства на электромагнитную обстановку поста электрической централизации Б.Р. Кангожин, М.С. Жармагамбетова, С.С. Даутов, С.Т. Анарбаева	255-262
Моделирование раскрытия фотоэлектрических преобразователей космических аппаратов Д.М. Калманова, О.К. Абдирашев, А.К. Орнов	262-269
Корреляционно-регрессионный анализ потерь электроэнергии в линии 500кВ «ЖИТИКАРА-УЛЬКЕ» К.Ж. Калиева, Л.Ш. Утешкалиева, М.А. Ежбеков	269-278
Глиальная нейронная сеть как новый подход к интеллектуальным системам Д.В. Панюкова, О.И. Ширяева, Г.Б. Нурпеисова	278-283
Алгоритм снятия показаний счетчика для дальнейшей передачи по радиоканалу А.Б. Мирманов, К.И. Острецов, С.Б. Байгуаныш	283-292
Скрытие информации в изображениях Э.Н. Дайырбаева, Ф.А. Мурзин, М.А. Липская	292-299
Применение математических методов прогнозирования для определения показателей запасов Б.А. Казангапова, А.А. Ержан, А.А. Иванов	299-306
Разработка интеллектуальной информационной системы для транспортной задачи с использованием нечетких нейросетевых технологий Б.А. Казангапова, Е.К. Социалов, А.Н. Нургулжанова	306-316
Исследование сверточного кодирования данных для проведения анализа эффективности помехоустойчивого кодирования М.А. Сайдахметов, Н.А. Оспанова, К.А. Балабатыров	316-320
Проектирование принципиальной схемы модулятора 16-QAM на фазоинвертирующих операционных усилителях в приложении multisim И.О. Косяков, Б.Ж. Алданияров, М.Ю. Полушин	320-326
Техногенная трансформация ксенобиотиков и микробиоценоза во времени в компостируемом модельном композите «ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ + ЗОЛА» Г.А. Джамалова, А.В. Гарабаджиу, С.М. Джолдыбаева, Т.А. Сериков	326-334

Scientific Journal is
being published
since January, 2000.
Periodicity: 4 times a
year.

Editorial Council

M.B. Imandosova
Rector of KazATC
K.E. Almagambetov
First Deputy Chairman
of the Board of JSC
"NC" KTZH "

B.P. Urynassarov
Managing Director for
Infrastructure, Director
of the branch of JSC
"NC" KTZh " - "DMS "

V.N. Glazkov
(Cand.Sci.(Eng.)profess
or.,MIIT, Russia)

B.B. Teltaev
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, JSC
«KazRSRI»,
Kazakhstan)

A.V. Davydov
(Dr.Sci.(Eng.),
professor,« STU»)

Kevin Byrne (Dr. PhD,
President of
Chartered Institute of
Logistics and
Transport, United
Kingdom)

T. Bolotbek
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, KSUCTA,
Kyrgyzstan)

O.T.Shatmanov
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, KSUCTA,
Kyrgyzstan)

A.V. Ślădkowski
(Dr.Sci.(Eng.),
professor, Silesian
University of
Technology, Poland)

R.B. Botabekov
(Dr.Sci.(Eng.)
LLP«Turan Express»
Passenger Compan)

N.K. Igembaev
(Cand.Sci.(Eng.)Vice-
President of KTZ
Express JSCRepublic
of Kazakhstan)

J.T.Nyrseitov
(Dr.Sci.(Eng.) JSC
«MRG»)

K.P.Shenfeld
(Dr.Sci.(Eng.),
professor JSC
«VNIISHT»)

The BULLETIN №1 2020

of Kazakh Academy of Transport and Communications
named after M.Tynyshpayev

CONTENTS

The temperature dependence of the energy band gap I.S. Bondar, P.T. Akhmetova, S.B. Kystaubayev	10-16
Calculation of the stressed-deformed state of a station of a metropolit under seismic influence N.M. Makhmetova, S.A. Zverev, V.G. Solonenko	16-22
Geomechanical model of the stressed-deformed state of the lating of the station N.M. Makhmetova, A.A. Abdurahmanov V.G. Solonenko	23-28
Thermodynamic basis for increasing the initial strength of concrete R.T. Brzhanov	28-36
Mathematical modeling of dynamics of the shallow tunnel supported with three-layered shells undergoing traffic loads V.N. Ukrainets, ZH.O. Otarbaev, S.R. Girnis	36-45
Influence of aging and plastic deformation on mechanical properties and structure of aluminum alloy ad31 A.YE. Uderbayeva, K.K. Nurakhmetova, A.A. Nauryzbayeva	45-52
Hygienic assessment of working conditions based on the intensity of the labor process of University teachers M.D. Zalcman, B.B. Kurmashev	53-60
Theory and practice of rolling stock fitting into the envelope J.S. Musayev, N.V. Ivanovcheva, A.A. Darkhanbaeva	61-68
Improving the operational reliability of asynchronous electric machines S.S. Abdullayev, A.A. Raiynbekova, ZH.A. Assilbay	69-79
Determiation of the parameters of the upper node of the current collector in its interaction with the contact suspension S.S. Abdullayev, A.A. Raiynbekova, ZH.A. Assilbay	79-89
Asynchronous power drive for locomotives ZH.S. Ibraev, N.R. Jakupov, D.S. Kushtaeva	89-97
Rubber-metal vibration absorber for axle box of freight wagons YE.G. Adilkhanov, K.B. Zhakupov, Sh.A. Sekerova	97-106
Evaluation of the dynamic performance of the cargo trucks of a new generation with different characteristics for suspension N.A. Tokmurzina-Kobernyak, N.V. Ivanovcheva, ZH.S. Tynyshaliev	106-114
Prospects for using KZ8A electric locomotives on the railways of the Republic of Kazakhstan N.A. Tokmurzina-Kobernyak, A.T. Kamilov	114-121
Approximation of traction characteristics of diesel locomotives of industrial railway transport A.V. Rozhkov, R.R. Khaybullin, M.A. Nartov, T.R. Bikenov.....	122-130
Assessment of the level of electromagnetic impact on the locomotive crew A.M. YEIshibekov, SH.A. Abdrashov, D.K. Seisenkulov	130-137

Editorial Staff

M.B. Imandosova,
Editor in chief
S.E. Bekzhanova
Dr.Sci.(Eng.), professor
Deputy Editor in chief
A.K. Ibraimov
(Cand.Sci.(Eng.), ass.
professor)
G.S. Mussayeva
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
V.G. Solonenko
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
M.S. Kulgildinov
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
S.E. Bekzhanova
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
M.S. Iztelevova
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
T.K. Koishiyev
(Dr.Sci.(Eng.),
professor)
A.K. Kaltayev
(Cand.Sci.(Econ.), ass.
professor)
O.I. Churkina
(Cand.Sci.(Phys.-
Math.) ass. professor)
A.Panaeva – editorial
secretary

Editorial address:

Republic of
Kazakhstan, 050012,
Almaty, Shevchenko
Street, 97.

Tel. / fax: +7 (727)
292-49-14, 292-44-85

E-mail:
vestnik@kazatk.kz

Web-site:
www.kazatk.kz

Proprietary –
JSC «Kazakh Academy
of Transport and
Communications
named after
M.Tynyshtayev»

Analysis of decisions in the investigation of road traffic accidents	
YE.YE. Baubekov, G.B. Bakyt, A.K. Zhalinova	138-143
Improving the reliability of the metal structure of the auto grader for force breaking	
A.G. Saveliev, M.V. Doudkin, A.I. Kim	143-149
Research and development of optimization methods for using the complex of machines when constructing roads	
S.ZH. Kabikenov, V.S. Portnov, A. Sungatollakyzы	149-158
Experimental study of tension stresses by digital image correlation method of strained adhesive joints	
G.M. Akhmet, A.YE. Kanazhanov, M.F. Akhmetov, M.V. Taran ...	158-165
Computer simulation of the stressed-deformed state of the steel structure of the shaft hoisting machine	
A.D. Mekhtiyev, F.N. Bulatbayev, J.F. Bulatbayeva.....	165-172
Factors affecting the response time of the braking system of motor vehicles	
YE.YE. Baubekov, G.B. Bakyt, A.K. Zhalinova	172-178
Informatization of JSC «NC «KTZ» based on systems of effective management of business processes	
M.N. Aikumbekov, A.D. Kamzina	179-183
Trends in the development of passenger transport in Kazakhstan	
S.ZH. Kabikenov, T.U. Ualihan, B.K. Musabaev	184-190
Organization of transportations and management on transport	
B.K. Musabaev, ZH.G. ZHANBirov, A.B. YEbesova	190-196
Application of simulation modeling in logistics	
M.O. YUn, D.M. Tyulyubayeva, N.R. Jakupov	197-205
Problems of logistics industry development in Kazakhstan	
A.M. Bazenov, I.G. Umesheva, A.N. Nemasipova	205-210
Research of peculiarities of transportation of oversized cargoes by motor transport	
R.D. Mussalievа, G.S. Fayzulla, D. Rsalyulu	210-218
Organization of intercity and international road transport	
A.B. YEbesova, J. Baiburaeva, ZH.G. ZHANBirov,	218-224
Improvement of the legislative framework as a necessary condition for the development of the industry of road cargo transportation in Kazakhstan	
N.Kulagina, D.Tylyubayeva.....	224-233
Automation and analysis of rolling stock diagnosis systems	
M.ZH. Spabekova, A.ZH. Toigozhinova, V. Wojcik.....	234-241
Research of improvement development directions of wind installation constructions with vertical axis of a wind wheel spin	
YE.S. Askarov, A.ZH. ZHankeldi, I.M. Dyussebayev	241-247
Method for monitoring high-voltage paper-oil insulation	
B.R. Kangozhin, M.S. Zharmagambetova, S.S. Dautov, ZH.S. Serikkaliyev	248-255
The characteristics of the grounding device to the electromagnetic environment of a post of electric centralization	
B.R. Kangozhin, M.S. Zharmagambetova, S.S. Dautov, S.T. Anarbayeva	255-262
Modeling the disclosure of photovoltaic cells for space vehicles	
D.M. Kalmanova, O.K. Abdirashev, A.K. Ornov.....	262-269

Journal is re-registered
in the Ministry of
Culture, Information
and Sport of Republic
of Kazakhstan
Certificate № 6233-zh
dated 17.08.2005.

Index 75605

ISSN 1609-1817

Legal address: Almaty,
md. Alatau, Mirasst.,
D.86.

Actual address: Almaty,
110 Maulenov st.

Correlation-regression analysis of power losses in the 500kV line "ZHITIKARA-ULKE"	
K.ZH. Kalyieva, L.SH. Uteshkaliev, M.A. YEzhebekov	269-278
Glial neural networks as a new approach for smart systems	
D.V. Panyukova, O.I. SHiryayeva, G.B. Nurpeissova	278-283
Algorithm readings of the counter reading for further radio transmission	
A.B. Mirmanov, K.I. Ostretsov, S.B. Baiguanysh	283-292
Hidden information in images	
E.N. Daiyrbayeva, F.A. Murzin, M.A. Lipskaya	292-299
Application of mathematical forecasting methods for determining stock indicators	
B.A. Kazangapova, A.A. YErzhan, A.A. Ivanov	299-306
Development of an intellectual information system for the transport problem, using fuzzy neural network technologies	
B.A. Kazangapova, E.K. Socialov, A.N. Nurgulzhanova.....	306-316
Investigation of convolutional data coding for analysis of the efficiency of error-correcting coding	
M.A. Saidahmetov, N.A. Ospanova, K.A. Balabatyrov	316-320
16-QAM modulator principal scheme design based on the phase-inverting operational amplifiers in the multisim application	
I.O. Kossyakov, B.ZH. Aldaniyarov, M.YU. Polushin	320-326
Technogenic transformation of xenobiotics and microbiocenosis in time in composite model composite "MUNICIPAL SOLID WASTE + ASH"	
G.A. Jamalova, A.V. Garabadzhiu, S.M. Joldybayeva, T.A. Serikov	326-334

Signed to print: 29.04.2020 Circulation: 500 copies. Order № 971

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.10-16

THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE ENERGY BAND GAP

Ivan Bondar, senior lecturer, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of transport and communications, Almaty, Kazakhstan; ivan_sergeevich_08@mail.ru;

Patam Akhmetova, candidate of technical Sciences, associate Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of transport and communications, Almaty, Kazakhstan; patam67@mail.ru;

Saken Kystaubayev, lecturer, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of transport and communications, Almaty, Kazakhstan, K_Saken_06@mail.ru.

Abstract. The article presents the results of measurements of vibrations of metal and reinforced concrete girder spans of railway bridges from the impact of rolling stock. The obtained results can be used to determine the period of natural oscillations of the span structure in order to compare with the normalized range. By this method, the natural frequency of oscillations is determined by the peak values of the averaged reduced spectral power densities (SPM). For this purpose, a discrete Fourier transform is used and these values are obtained by recalculating the measured values of vibration displacements, vibration velocities and vibration accelerations. The coherence function calculated for two simultaneously registered output signals is close in value to that for natural oscillation frequencies. This pattern, moreover, helps to detect exactly those frequencies that can be considered as their own. It is assumed that the dynamic response at resonance refers only to its own tone.

Keywords: Photoluminescence, heat, electron-hole pair generation, photon absorption, quasi-continuous resolved zones(bands), nanostructure fractals

УДК 624.21:620.178

И.С. Бондарь¹, П.Т. Ахметова¹, С.Б. Кыстаубаев¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С БАЛОЧНЫМИ ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Аннотация. В статье приведены результаты измерений колебаний металлического и железобетонного балочных пролетных строений железнодорожных мостов от воздействия подвижного состава. Полученные результаты могут использоваться для определения периода собственных колебаний пролетного строения с целью сравнения с нормируемым диапазоном. Этим методом определяют собственную частоту колебаний по пиковым значениям осредненных приведенных спектральных плотностей мощности (СПМ). Для этого используют дискретное преобразование Фурье и эти величины получают путем пересчета измеренных значений виброперемещений, виброскоростей и виброускорений. Функция когерентности, рассчитанная для двух одновременно зарегистрированных выходных сигналов, близка по своему значению к таковой для частот собственных колебаний. Эта закономерность, кроме того, помогает обнаружить именно те частоты, которые могут быть рассмотрены как собственные. При этом предполагается, что динамическая реакция при резонансе относится только к собственному тону.

Ключевые слова: металлический и железобетонный железнодорожный мост, балочное пролетное строение, амплитудно-временные зависимости, спектр.

В настоящее время в странах Европы, Азии и США проводятся многочисленные исследования возможности оценки технического

состояния и диагностики эксплуатируемых искусственных сооружений по динамическим параметрам. Особенно заметный прорыв в этом направлении произошел в 90-х гг. прошлого столетия, когда были созданы мощные портативные компьютеры, и оценка колебаний системы под воздействием внешних нагрузок стала возможным и доступным инструментом инженеров-практиков.

Например, разработанная в Швейцарии система мониторинга состояния мостов (Bridge Monitoring System "BRIMOS") [1] основана на том, что состояние любой конструкции отражается на характеристиках ее динамического поведения. В так называемом «динамическом автографе» (отклике) конструкции содержится вся информация, которая необходима для проведения детальной оценки ее состояния. Применяемая для оценки технического состояния конструкций методика использует метод оценки случайных воздействий (Ambient Vibration Monitoring), который можно определить как метод идентификации мостовых конструкций по динамическому отклику на случайное воздействие, в качестве которого можно рассматривать ветер, микросейсмическую активность или движущийся по мосту транспорт.

В Японии применение сложных систем мониторинга достаточно распространено, для чего разработаны и постоянно совершенствуются специальные аппаратно-программные комплексы. Однако публикаций по улучшению систем динамической идентификации крайне мало. Под идентификацией системы понимают определение динамических характеристик моста или иного инженерного сооружения из информации, полученной при регистрации его колебаний.

Очень прост и в то же время очень эффективен метод отбора пиковых значений параметров колебаний мостового сооружения, основанный на анализе только выходных сигналов, связанный с

определением пиковых значений. В соответствии с этим методом собственную частоту колебаний определяют по пиковым значениям осредненных приведенных спектральных плотностей мощности (СПМ). Эти величины получают путем пересчета измеренных значений виброперемещений, виброскоростей и виброускорений, используя для этого дискретное преобразование Фурье. Функция когерентности, рассчитанная для двух одновременно зарегистрированных выходных сигналов, близка по своему значению к таковой для частот собственных колебаний. Эта закономерность, кроме того, помогает обнаружить именно те частоты, которые могут быть рассмотрены как собственные. При этом предполагается, что динамическая реакция при резонансе относится только к собственному тону. Метод отбора пиковых значений не требует применения сложных алгоритмов для его реализации. В рамках этого метода для построения графического представления функции спектральной плотности используются различные модификации быстрого преобразования Фурье, подробно описанные в специальной литературе [2]. Описанный метод с успехом апробирован в Австрии и Швейцарии на большом числе сооружений.

Объектами исследований, изложенных в настоящей работе, являются балочные металлические (1952 года постройки) и железобетонные (1972 года постройки) пролетные строения мостового перехода через канал Иртыш-Караганда железнодорожной линии Ерейментау-Экибастуз (км. 257 ПК 7+0) $l = 27$ м и 16 м, соответственно.

В качестве средства измерений использовался мобильный виброизмерительный комплекс (**ВПАК**) с пакетом прикладных программ по обработке и визуализации данных (**ДИНАМИК**), технические характеристики и программное

обеспечение которого достаточно подробно приведены в [3 и 5].

Особый интерес, при проведении исследований, представляли спектры частот вынужденных вертикальных колебаний пролетных строений, так как по ним можно судить о причинах,

вызывающих вибрацию моста [4]. С этой целью был выполнен спектральный анализ осциллограмм вертикальных виброперемещений металлических (рис. 1) и железобетонных (рис. 2) балок при движении подвижного состава со скоростями $v = 41 \div 98$ км/ч.

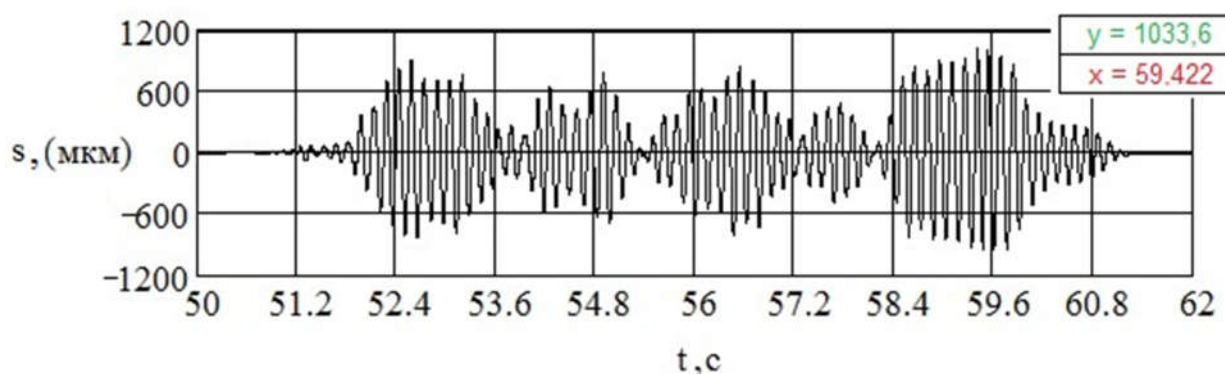


Рисунок 1 – Скорость вертикальных колебаний середины 27-метрового металлического балочного пролетного строения железнодорожного моста при проходе электрички из 10 вагонов со скоростью 98 км/ч

Figure 1 – The speed of vertical oscillations of the middle of the 27-meter metal girder span of the railway bridge when passing an electric train of 10 cars at a speed of 98 km/h

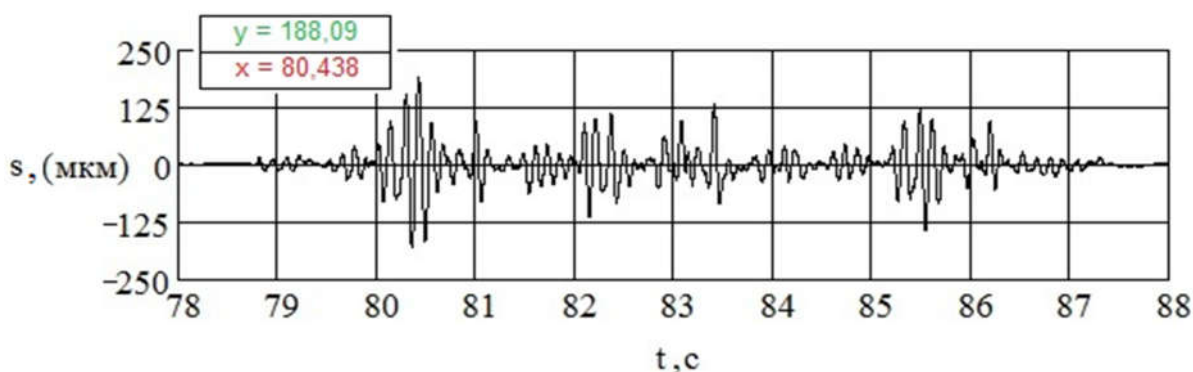


Рисунок 2 – График вертикальных перемещений середины 16,5 м железобетонного балочного пролетного строения железнодорожного моста при проходе электрички из 8 вагонов со скоростью 62 км/ч

Figure 2 – A graph of vertical movements of the middle of the 16.5 m reinforced concrete girder span of the railway bridge during the passage of the train of 8 cars at a speed of 62 km/h.

Результаты анализа для спектрального процесса представлены на рисунках 3 и 4.

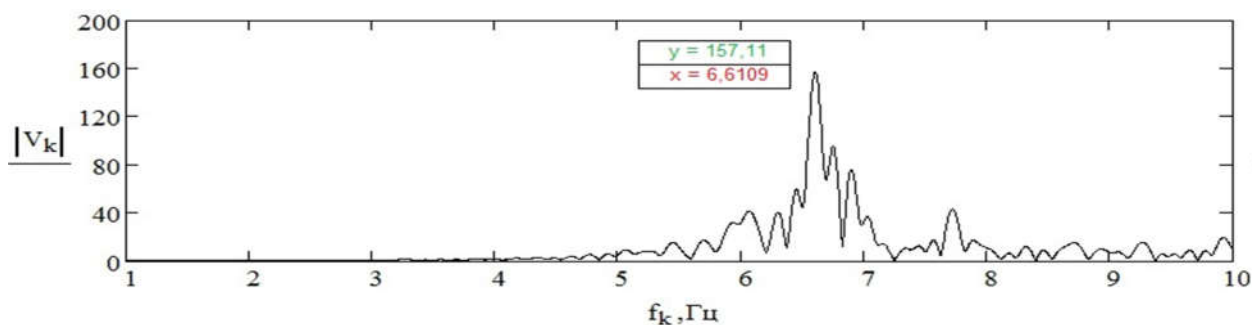


Рисунок 3 – Спектр скоростей вертикальных колебаний середины 27- метрового металлического балочного пролетного строения железнодорожного моста при проходе электрички из 10 вагонов со скоростью 98 км/ч

Figure 3 – Spectrum of speeds of vertical oscillations of the middle of 27-meter metal girder span structure of the railway bridge at passage of the electric train from 10 cars with speed of 98 km/h

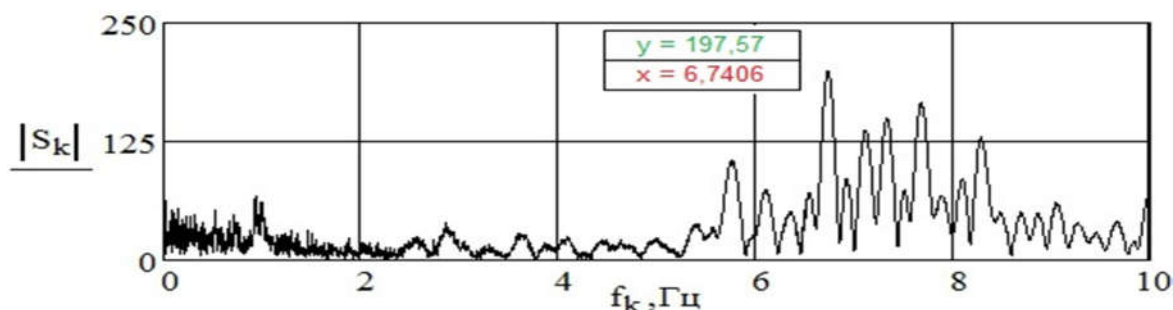


Рисунок 4 – Спектр вертикальных перемещений середины 16,5 м железобетонного балочного пролетного строения железнодорожного моста при проходе электрички из 8 вагонов со скоростью 62 км/ч

Figure 4 – Spectrum of vertical displacements of the middle of the 16.5 m reinforced concrete girder span of the railway bridge during the passage of the electric train of 8 cars at a speed of 62 km/h

Здесь каждому значению частоты соответствует определенная величина амплитуды колебаний. Взаимодействие металлического балочного пролетного строения с подвижным составом происходит в основном при возмущениях, частоты которых находятся в диапазоне $f = 5,34 \div 7,27$ Гц, а железобетонного в диапазоне $f = 5,26 \div 7,42$ Гц. Эти возмущения и определяют, в первую очередь, реакцию пролетных строений.

Остальные возмущения, судя по спектрам, не играют особой роли в формировании поведения пролетных строений, так как их амплитуды очень малы и вносимая ими энергия в систему незначительна.

По «хвостам» опытных осциллограмм (рис. 5 и 6) и построенным по ним спектрам (рис. 7 и 8) были определены частоты свободных колебаний незагруженных пролетных строений.

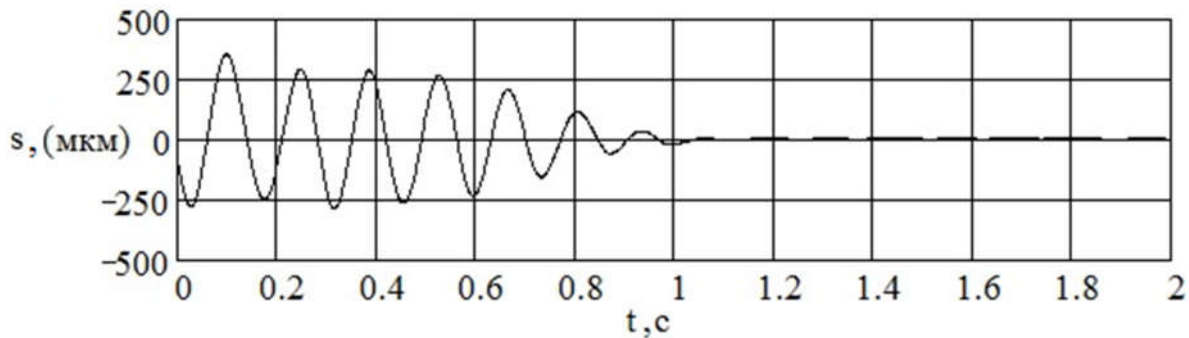


Рисунок 5 – График свободных колебаний (перемещений) середины пролета металлической 27-метровой балки после схода нагрузки
Figure 5 – Graph of free oscillations (displacements) of the mid-span of the metal 27-meter beam after the descent of the load

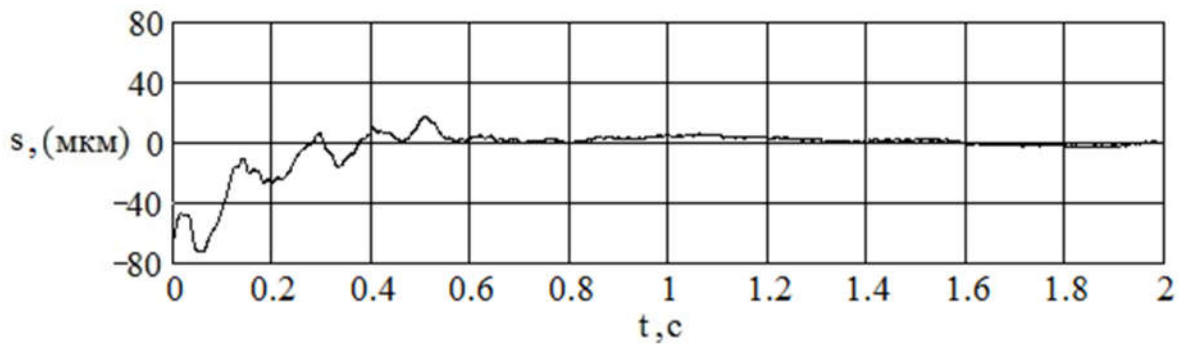


Рисунок 6 – График свободных колебаний (перемещений) середины пролета железобетонной 27-метровой балки после схода нагрузки
Figure 6 – Graph of free oscillations (displacements) of the middle span of the reinforced concrete 27-meter beam after the load

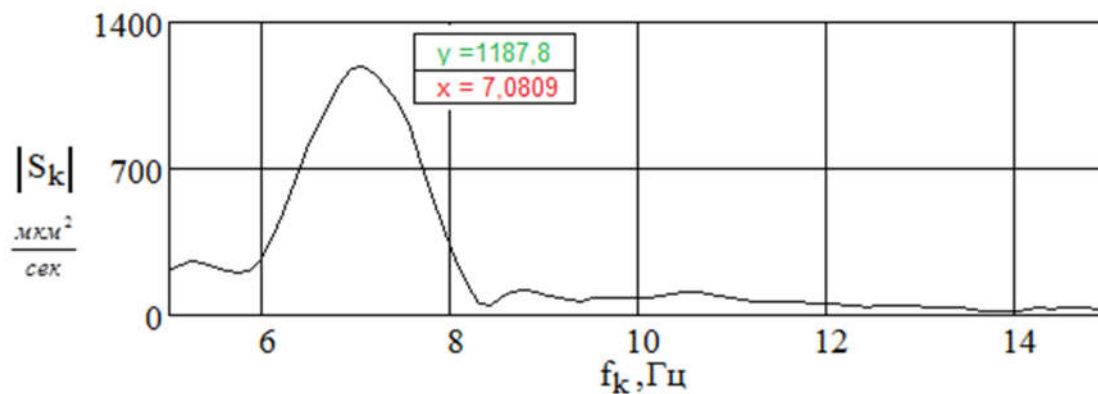


Рисунок 7 – Спектр свободных колебаний середины пролета металлической балки после схода нагрузки
Figure 7 – Spectrum of free oscillations of the middle span of the metal beam after the load

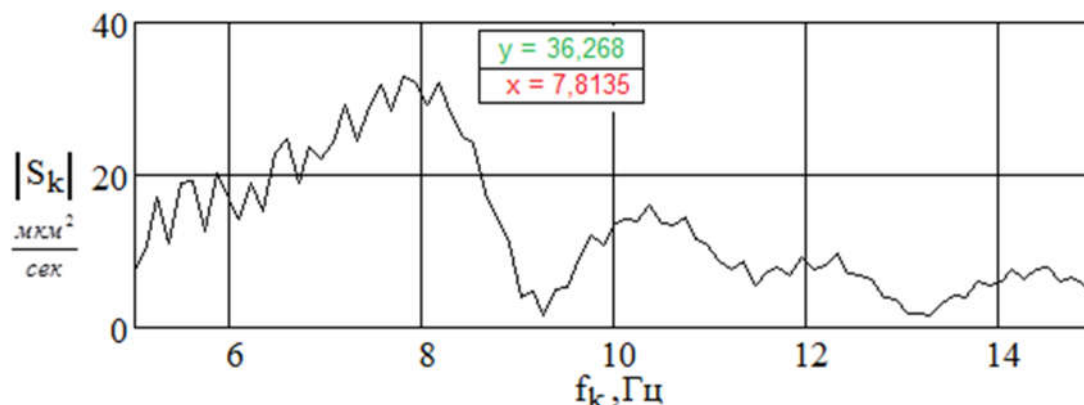


Рисунок 8 – Спектр свободных колебаний середины пролета железобетонной 27- метровой балки после схода нагрузки

Figure 8 – Spectrum of free oscillations of the middle span of the reinforced concrete 27-meter beam after the load

Для металлического и железобетонного балочных пролетных строений они соответственно равны $f_m = 7,08$ Гц и $f_{ж.б.} = 7,81$ Гц.

Вывод. Полученные при проведении изложенных в данной работе измерений характеристики колебаний

системы «пролетное строение – путь – подвижной состав» могут служить исходными данными при калибровке модели сооружения и при составлении алгоритмов задачи выявления повреждений [5-7].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Wenzel K, Pichler D. Structural Assessment of Railway Bridges by Ambient Vibration Testing, US-Canada-Europe Workshop on Recent Advantages in Bridge Engineering, Dubendorf and Zurich, 1997.
- [2] Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
- [3] Квашнин Н.М. Исследование механических колебаний железнодорожного пути. Дисс. ... канд. тех. наук.- Алматы: 2010.- С.144.
- [4] Бондарь Н.Г., Козьмин Ю.Г., Ройтбурд З.Г., Тарасенко В.П., Яковлев Г.Н. Взаимодействие железнодорожных мостов с подвижным составом/ Под ред. Н.Г. Бондаря. – М.: Транспорт, 1984. – 272 с.
- [5] Бондарь И.С. Вибродиагностика балочных пролетных строений железнодорожных мостов. Дисс. ... канд. тех. наук. - Москва: 2019. -С.146.
- [6] Курбацкий Е.Н., Бондарь И.С., Квашнин М.Я. Исследование отклика балочных мостов на воздействие поезда // «Мир транспорта». – М: МИИТ, 2015. – Том 13 №3. – С. 58-71.
- [7] Бондарь И. С. Экспериментальные исследования взаимодействия балочных пролетных строений с подвижным составом // Сборник материалов XIII межвузовской научно-практической конференции магистрантов и студентов «Дорога, которую мы выбрали, «Нұрлы жол – путь в будущее». КазАДИ им. Л.Б. Гончарова – Алматы, 2015. - С. 12-14.

REFERENCES

- [1] *Strukturnaya ocenka jeleznodorojnih mostov putem ispitaniya na vibraciyu okrujayuschei sredi* Wenzel K, Pichler D. [In Russian: Structural Assessment of Railway Bridges by Ambient Vibration Testing], US-Canada-Europe Workshop on Recent Advantages in Bridge Engineering, Dubendorf and Zurich, 1997.
- [2] *Cifrovaya obrabotka signalov* [In Russian: Digital signal processing.] – A. B. Sergienko SPb.: Peter, 2002. - 608 p.
- [3] *Issledovanie mehanicheskikh kolebanii jeleznodorojnogo puti*. Kvashnin N. M. [In Russian: Investigation of mechanical vibrations of the railway track.] Diss. ... Cand. technical Sciences. Almaty: 2010. Pp. 144.
- [4] *Vzaimodeistvie jeleznodorojnih mostov s podvijnim sostavom* N. G. Bondar, Yu. G. Kozmin, Z. G. Roitburd, V. P. Tarasenko, G. N. Yakovlev. Edited by N. G. Cooper. [In Russian: Interaction of railway bridges with rolling stock]. - Moscow: Transport, 1984. - 272 p.

- [5] *Vibrodiagnostika balochnih prolethnih stroenii jeleznodorozhnykh mostov*. Cooper I. S. [In Russian: Vibration analysis of beam span structures of railway bridges.] Diss. ... Cand. technical Sciences. Moscow: 2019. Pp. 146.
- [6] *Issledovanie otklika balochnih mostov na vozdeistvie poezda* Kurbatsky E. N., Bondar I. S., Kvashnin M. Ya. [In Russian: Investigation of the response of beam bridges to the impact of the train // "World of transport". - M: МИТ, 2015. - Volume 13 No. 3. Pp. 58-71.
- [7] *Eksperimentalnie issledovaniya vzaimodeystviya balochnih prolethnih stroenii s podvijnim sostavom* Bondar I. S. [In Russian: Experimental studies of the interaction of beam spans with rolling stock]//Collection of materials of the XIII interuniversity scientific and practical conference of undergraduates and students "the Road we chose," Nurly Zhol-the Way to the future". Kazadi them. L. B. Goncharova-Almaty, 2015. Pp. 12-14.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С БАЛОЧНЫМИ ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Бондарь Иван Сергеевич, сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; ivan_sergeevich_08@mail.ru;

Ахметова Патам Тургановна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; patam67@mail.ru;

Қыстаубаев Сакен Бакытжанұлы, лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, K_Saken_06@mail.ru.

ТЕМІР ЖОЛ КӨПІРЛЕРІНІҢ АРҚАЛЫҚ АРАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРЫМЕН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМНЫҢ ӨЗАРА ІС-ҚИМЫЛЫ

Бондарь Иван Сергеевич, сениор-лектор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; ivan_sergeevich_08@mail.ru ;

Ахметова Патам Тургановна, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы, Қазақстан; patam67@mail.ru ;

Қыстаубаев Сәкен Бакытжанұлы, дәріскер, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, K_Saken_06@mail.ru ескерту .

Аннотация. Мақалада темір жол көпірлерінің темір және темір бетонды аралық аралық құрылыстарының қозғалмалы құрамның әсерінен тербелістерін өлшеу нәтижелері келтірілген. Алынған нәтижелер нормаланатын диапазонмен салыстыру мақсатында аралық құрылыстың өзіндік тербеліс кезеңін анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін. Осы әдіспен орташаланған берілген спектралды қуаттың (СПМ) тығыздығының шекті мәндері бойынша тербелістердің меншікті жиілігін анықтайды. Ол үшін Фурье дискретті түрлендіруді пайдаланады және бұл шамалар вибро ығыстырғыштардың, вибро жылдамдылықтардың және вибропускорттердің өлшенген мәндерін қайта есептеу жолымен алынады. Бір уақытта тіркелген екі шығыс сигналдары үшін есептелген когеренттік функциясы меншікті тербелістер жиіліктері үшін өзінің мәніне жақын. Бұл заңдылық, сонымен қатар, жеке ретінде қарастырылуы мүмкін жиіліктерді анықтауға көмектеседі. Бұл ретте резонанс кезінде динамикалық реакция тек қана өз тонына жатады деп болжанады.

Түйін сөздер: темір және темір бетонды темір жол көпірі, Арқалық аралық құрылысы, амплитудалық-уақыттық тәуелділік, спектр.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.16-22

CALCULATION OF THE STRESSED-DEFORMED STATE OF A STATION OF A METROPOLIT UNDER SEISMIC INFLUENCE

Narzankul Makhmetova, Doctor of Technical sciences, Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; makhmetova_n1958@mail.ru

Sergey Zverev, undergraduate, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; sergey.zverev.1977@mail.ru

Vladimir Solonenko, Doctor of Technical sciences, Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; v.solontnko@mail.ru

Abstract. Ensuring the stability of the structural elements of the lining of subway tunnels by modeling the seismic stress state of the “lining-ground stratum” system is an urgent task for the dynamics of underground structures.

The spatial stress state of the lining of station tunnels of the subway under the influence of seismic loads using the numerical method and the Jacobi algorithm to solve the eigenvalue problems is considered. Multivariate numerical experiments were carried out to determine the stress state in the lining elements and the surrounding soil strata in order to prevent precipitation of the ground surface of the construction site.

In a combination of finite element methods and decomposition according to the modes of natural vibrations, a calculation method was developed and a software tool was developed to study the stress-strain state (SSS) of the “support-soil mass” system taking into account the heterogeneity of the surrounding soil massif.

Based on the analysis of numerical experiments, patterns of the distribution of contour displacements and stresses in the lining elements of station subway tunnels located in the field of seismic loads are revealed. To reduce the stress values in the lining, increase the rigidity of the lining and ensure the reliability of the metro station, recommendations are proposed for reinforcing hazardous areas.

Keywords: accelerogram, lining, seismic load, tunnel, subway.

УДК 622.011.4; 622.023

Н.М. Махметова¹, С.А. Зверев¹, В.Г. Солоненко¹

¹ Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Аннотация. Обеспечение устойчивости элементов конструкции обделки тоннелей метрополитена путем моделирования сейсмонапряженного состояния системы «крепь - грунтовая толща» является актуальной задачей динамики подземных сооружений.

Рассматривается пространственное напряженное состояние крепи станционных тоннелей метрополитена под действием сейсмических нагрузок с применением численного метода и алгоритма Якоби для решения проблем собственных значений. Проведены многовариантные численные эксперименты для определения напряженного состояния в элементах крепи и окружающей грунтовой толщи в целях недопущения осадки поверхности земли строительной площадки.

В сочетании методов конечных элементов и разложения по формам собственных колебаний разработана методика расчета и составлено программное средство, позволяющие исследовать напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «крепь - грунтовая толща» с учетом неоднородности окружающего грунтового массива.

На основе анализа численных экспериментов выявлены закономерности распределения контурных перемещений и напряжений в элементах крепи станционных тоннелей метрополитена, находящихся в поле сейсмических нагрузок. Для снижения значения напряжений в крепи, увеличения жесткости обделок и обеспечения надежности станции метрополитена предложены рекомендации по армированию опасных участков.

Ключевые слова: акселерограмма, крепь, сейсмическая нагрузка, тоннель, метрополитен.

Строительство подземных транспортных сооружений различного назначения в сейсмически активных зонах требует обеспечения их надежности, прочности и сейсмостойкости. Проектирование подземных сооружений,

удовлетворяющих самым современным требованиям, связано с исследованиями прочности при воздействиях как статических, так и динамических нагрузок. В комплексе мероприятий, направленных на обеспечение долговечности транспортных сооружений, особое место занимают расчеты элементов конструкций на прочность.

Рассмотрены протяженные и пространственные стационарные тоннели метрополитена произвольной формы,

закрепленные упругой и жесткой обделкой. Массив горных пород с жестко сцепленными плоскопараллельными слоями вблизи подземных сооружений представлен однородным трансверсально-изотропным массивом, плоскость изотропии которого совпадает с плоскостью напластования слоев.

Дифференциальное уравнение движения вблизи стационарных тоннелей метрополитена под действием сейсмических сил задается в виде [1]

$$[M] \{\ddot{U}(t)\} + [C] \{\dot{U}(t)\} + [K] \{U(t)\} = \{R(t)\}, \quad (1)$$

где $[M]$, $[C]$, $[R]$, $\{R(t)\}$, соответственно, матрицы масс, демпфирования, жесткости и вектор сейсмических сил.

Дифференциальное уравнение движения (1) можно решить с помощью известных методов численного анализа, если порядок системы небольшой. В связи с чем, для решения системы дифференциальных уравнений движения (1) был использован эффективный метод разложения по формам собственных колебаний.

Дифференциальное уравнение движения на основе метода разложения по формам собственных колебаний

приводится в удобной форме для интегрирования, т.е. перемещения узловых точек конечных элементов можно представить в следующем виде [2]

$$\{U(t)\} = [P] \{X(t)\} \quad (2)$$

где $[P]$ - неизвестная матрица преобразования, $\{X(t)\}$ -вектор обобщенных перемещений.

Обе части дифференциального уравнения (1) умножая на транспонированную матрицу преобразования $[P]^T$ и после подстановки выражения (2) имеем [3]

$$[P]^T [M] [P] \{\ddot{X}(t)\} + [P]^T [C] [P] \{\dot{X}(t)\} + [P]^T [K] [P] \{X(t)\} = [P]^T \{R(t)\}. \quad (3)$$

Из условия ортогональности матрицы масс и собственных векторов можно записать

$$[P]^T [K] [P] = [\Omega]^2; \quad [P]^T [M] [P] = [I], \quad (4)$$

Матрицы $[\Omega]^2$ и $[P]$ имеют вид

$$[P] = [\{\varphi_1\}, \{\varphi_2\}, \dots, \{\varphi_n\}], \quad [\Omega]^2 = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & & \\ & \omega_2^2 & \\ & & \omega_n^2 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Система дифференциальных уравнений (3) приводится к следующему

виду на основе условия ортогональности (4) и соотношения (5)

$$\{\ddot{X}(t)\} + [P]^T [C] [P] \{\dot{X}(t)\} + [\Omega]^2 \{X(t)\} = [P]^T \{R(t)\}. \quad (6)$$

Решение дифференциальных уравнений (6) усложняется при наличии матрицы демпфирования [C], поэтому ее представим в виде

$$\{\varphi_i\}^T [C] \{\varphi_j\} = 2\omega_i \xi_i \delta_{ij}, \quad (7)$$

где ξ_i - коэффициенты затухания, δ_{ij} - символ Кронекера. Используя условие ортогональности матрицы демпфирования и собственных векторов (7), систему дифференциальных уравнений (6) приводим к разделяющимся уравнениям порядка n вида

$$\{\ddot{X}(t)\} + 2\omega_i \xi_i \{\dot{X}(t)\} + \omega_i^2 \{X(t)\} = [P]^T \{r_i(t)\}. \quad (8)$$

Система дифференциальных уравнений (8) решается на основе

известного интеграла Дюамеля следующего вида

$$x_i(t) = \frac{1}{\omega_i} \int_0^t r_i(\tau) \exp(-\xi_i \omega_i (t-\tau)) \sin(\bar{\omega}_i (t-\tau)) d\tau, \quad (9)$$

где $\bar{\omega}_i = \omega_i \sqrt{1-\xi_i^2}$.

В качестве сейсмической нагрузки была принята двухкомпонентная акселерограмма реального землетрясения и имеет вид:

$$\{R(t)\} = -[M] \{\ddot{U}_0(t)\}, \quad (10)$$

На основе вышеизложенного алгоритма был составлен пакет программ с использованием универсального численного метода конечных элементов для изучения сеймонапряженного состояния вблизи трехмерной станции метрополитена. Многовариантные численные эксперименты проводились с использованием горизонтальных и вертикальных составляющих акселерограммы 9-10-балльного землетрясения, действующих на глубине 60 м. Акселерограмма табулировалась с шагом 0,013 сек, продолжительность 21сек.

Для изучения закономерности распределения поля перемещений и напряжений в обделках станционных тоннелей метрополитена зафиксировано время $t=8,69$ сек, т.е. в данный момент времени в обделках тоннелей напряжения достигали своих максимальных значений.

Ниже приводим некоторые результаты многовариантных численных экспериментов, проведенных с целью изучения сеймонапряженного состояния станционных тоннелей метрополитена. Рисунки 1 и 2 представляют эпюры, соответственно, горизонтальных и вертикальных перемещений во внутреннем контуре обделки станционных тоннелей метрополитена. Как видно из рисунков 1-2, в верхней части свода среднего тоннеля станции максимальное значение горизонтального перемещения равно 5.9 мм, а максимальное значение вертикального перемещения в пределах 1 мм

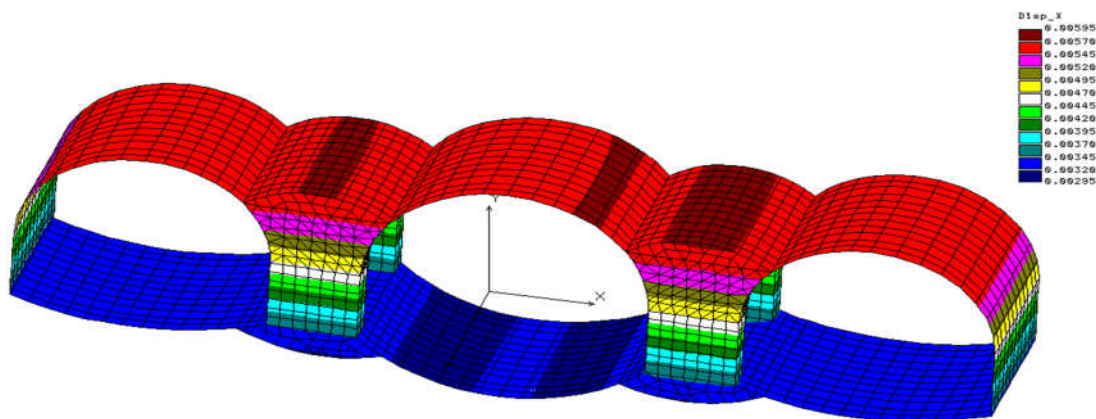


Рис.1 - Эпюры горизонтальных перемещений во внутреннем контуре обделки станционных тоннелей метрополитена

Fig. 1 - Plots of horizontal movements in the inner lining of the subway station tunnels

Эпюры распределения сейсмических напряжений во внутреннем и внешнем контурах обделок станционных тоннелей метрополитена представлены, соответственно, на рисунках 3 и 4. Из рисунка 3 видно, что во внутреннем

контуре обделки в области примыкания к пилонам сейсмические растягивающие напряжения имеют максимальные значения равные 3,7 кПа, а сжимающие напряжения равны 4,1 кПа и, в основном, наблюдаются в симметричных участках.

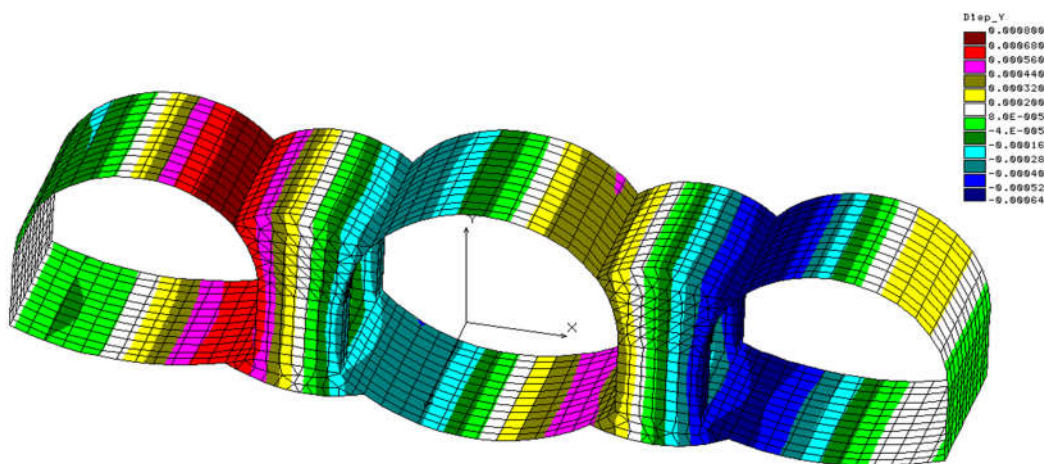


Рис.2 - Эпюры вертикальных перемещений во внутреннем контуре обделки станционных тоннелей метрополитена

Fig. 2 - Plots of vertical movements in the inner lining of the subway station tunnels

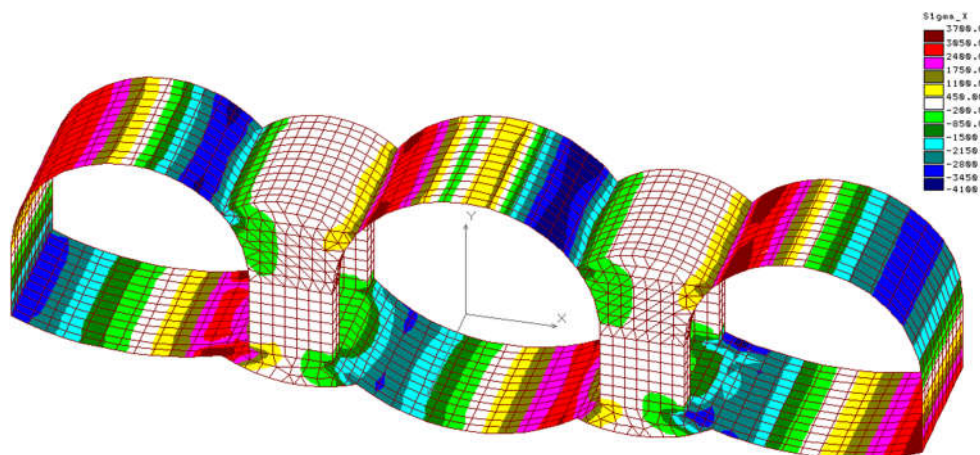


Рис.3 - Эпюры сейсмических растягивающих и сжимающих напряжений во внутреннем контуре станционных тоннелей метрополитена
Fig. 3 - Plots of seismic tensile and compressive stresses in the inner loop of the subway station tunnels

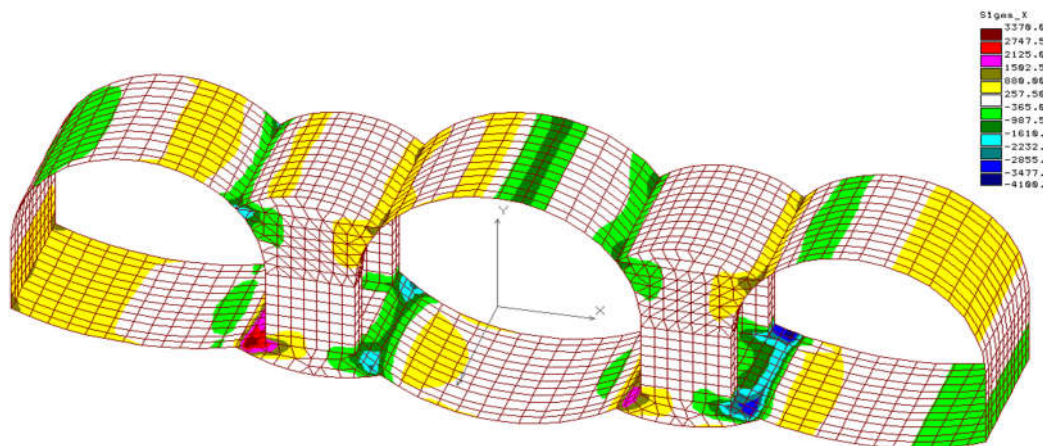


Рис.4 - Эпюры сейсмических растягивающих и сжимающих напряжений во внешнем контуре станционных тоннелей метрополитена
Fig. 4 - Plots of seismic tensile and compressive stresses in the outer loop of the subway station tunnels

Как видно из рисунка 4 во внешнем контуре обделки станционных тоннелей максимальные значения сейсмических растягивающих напряжений равны 3,37 кПА, а сейсмические сжимающие напряжения – 4,1 кПА. Анализ полученных результатов численного эксперимента позволил сделать вывод о том, что значения сейсмических растягивающих и сжимающих напряжений в пределах 1 кПА.

Выводы. Сейсмические напряжения, возникающие в обделках станционных тоннелей, вносят вклад в

общее напряженное состояние в пределах 35% по сравнению со статическими напряжениями, т.е. при постоянных статических напряжениях. Анализ закономерности распределения сейсмических напряжений во внутреннем и внешнем контурах обделки станционных тоннелей позволил сделать вывод о необходимости армирования зон, где наблюдаются экстремальные значения напряжений, чтобы обеспечить надежность и устойчивость станционных тоннелей метрополитена.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике.- М., 1975.- 541 с.
- [2] N.M. Makhmetova, V.G. Solonenko, S.E. Bekzhanova. The calculation of free oscillations of an anisotropic three-dimensional array of underground structures // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып. 2.№ 422. – 2017. - С. 175-184.
- [3] V.G. Solonenko, N.M. Makhmetova, J.S.Musayev, S.E. Bekzhanova, M.Ya. Kvashnin. Stresses in elements of metal railway bridges under the action of the crew // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып.2.№ 434. – 2019. - С. 151-162 (inEng.) <http://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.50>

REFERENCES

- [1] Zenkevych O. *Metod konechnykh elementov*. М.:Stroyizdat, 1975. 320 s..
- [2] N.M. Makhmetova, V.G. Solonenko, S.E. Bekzhanova. The calculation of free oscillations of an anisotropic three-dimensional array of underground structures // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып. 2.№ 422. – 2017. - С. 175-184.
- [3] V.G. Solonenko, N.M. Makhmetova, J.S.Musayev, S.E. Bekzhanova, M.Ya. Kvashnin. Stresses in elements of metal railway bridges under the action of the crew // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып.2.№ 434. – 2019. - С. 151-162 (inEng.) <http://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.50>

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Махметова Нарзанкул Мусаевна, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; makhmetova_n1958@mail.ru

Зверев Сергей Андреевич, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; sergey.zverev.1977@mail.ru

Солоненко Владимир Гельевич, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; v.solontnko@mail.ru

МЕТРОПОЛИТЕН СТАНЦИЯСЫНЫҢ СІЛКІНІСТІ ЖҮКТЕМЕЛЕР ӘСЕРІНДЕГІ КЕРНЕУЛІ–ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІН ЕСЕПТЕУ

Махметова Нарзанкул Мусаевна, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; makhmetova_n1958@mail.ru

Зверев Сергей Андреевич, магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; sergey.zverev.1977@mail.ru

Солоненко Владимир Гельевич, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; v.solontnko@mail.ru

Аңдатпа. Метрополитеннің тоннел бекітпелерінің конструкциялық элементтерінің тұрақтылығын, сейсмокернеулік күйін моделдеу арқылы қамтамасыз ету, жер асты құрылымдарының динамикасының өзекті есептерінің бірі болып табылады.

Сейсмикалық жүктеме әсеріндегі метрополитеннің тоннел бекітпелерінің үшөлшемді кернеулік күйі сандық әдісті және меншік мәндер проблемасын шешуге арналған Якоби алгоритмін қолдана отырып қарастырады. Бекітпе элементтеріндегі және де қоршаған топырақ қатпарындағы кернеулік күйді анықтау үшін көпвариантты сандық эксперименттер құрылыс аймағындағы жер бетінің шөгуді болдырмау үшін жүргізілді.

Шекті элементтер және еркін тербелістердің формаларына жіктеу әдістері арқылы қоршаған топырақ массивінің біртексіздігін ескере отырып, «бекітпе-топырақ қатпарламасы» жүйесінің кернеулі-деформациялық күйін зерттеуге мүмкіндік беретін есептеу тәсілдері мен программалық өнімдері жасалынған.

Сандық экспериментті талдау нәтижесінде сейсмикалық жүктеме әсеріндегі метрополитеннің станциялық тоннел элементтерінің бекітпелеріндегі жылжулар мен кернеулердің таралу заңдылықтары анықталған. Бекітпедегі кернеудің сан мәнін азайту, бекітпенің қатандығын жоғарлату және метрополитен станцияларының беріктігін қамтамасыз ету мақсатында аймақтарды армирлеу жөніндегі ұсыныстар жасалған.

Түйін сөздер: акселерограмма, бекітпе, сейсмикалық жүктеме, тоннел, метрополитен.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.23-28

GEOMECHANICAL MODEL OF THE STRESSED-DEFORMED STATE OF THE LATING OF THE STATION

Narzankul Makhmetova, Doctor of Technical sciences, Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; makhmetova_n1958@mail.ru

Askhat Abdurahmanov, undergraduate, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; K1t08@mail.ru

Vladimir Solonenko, Doctor of Technical sciences, Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; v.solontnko@mail.ru

Abstract. The article is devoted to an experimental study of the patterns of distribution of strains and stresses in the temporary and permanent lining of subway tunnels, based on the geomechanical model of the surrounding heterogeneous soil mass.

Based on the analysis of the experimental data, it is revealed that at the stage of sinking the temporary lining, deformations reach their maximum values, and after the erection of a constant lining, the strain values almost stabilize along the entire lining contour. Therefore, in the construction of subway tunnels, special importance is attached to the creation of high-strength lining made of equivalent materials, which ensures the reliability and stability of the structural elements of the lining of station tunnels.

Keywords: temporary support, tunnel, deformation, experiment, equivalent material.

УДК 625.855.3

Н.М. Махметова¹, А.А. Абдурахманов¹, В.Г. Солоненко¹

¹ Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБДЕЛКИ СТАНЦИИ

Аннотация. Статья посвящена экспериментальному исследованию закономерности распределения деформаций и напряжений во временной и постоянной крепи тоннелей метрополитена, на основе геомеханической модели окружающего неоднородного грунтового массива.

На основе анализа результатов экспериментальных данных выявлено, что на стадии проходки временной крепи деформации достигают своих максимальных значений, а после возведения постоянной крепи величины деформации почти стабилизируются по всему контуру обделки. Поэтому при строительстве тоннелей метрополитенов особое значение придается созданию высокопрочной крепи из эквивалентных материалов, которая обеспечивает надежность и устойчивость конструктивных элементов обделки станционных тоннелей.

Ключевые слова: временная крепь, тоннель, деформация, эксперимент, эквивалентный материал.

Развитие исследований применительно к транспортным тоннелям имеет важное значение, так как современные города не могут обходиться без сетей подземных коммуникаций, канализационных трубопроводов, транспортных автомобильных и железнодорожных тоннелей.

При сооружении станционных комплексов проблемным является осадка дневной поверхности. Значительные размеры поперечного сечения станционных тоннелей создают определенные трудности в проведении проходческих работ. Трудоемкость работ и сложность их механизации, традиционные

типы временной крепи ограничивают темпы проходки, что обуславливает активизацию процесса сдвижения вышележащего грунтового массива. Это приводит не только к нарастанию горного давления на конструкции, но и к значительным осадкам земной поверхности. Поэтому, разработка и внедрение специальных технологий сооружения станций метрополитена с целью снижения негативного влияния проходческих работ на сохранность зданий и сооружений, имеет огромное значение [1].

Известно, что механические процессы, возникающие в грунтовом массиве при нарушении его выработкой, могут привести к потере ее устойчивости. Под устойчивостью незакрепленной выработки понимается ее способность сохранять форму и размеры по условиям проходки. Анализ существующих по данному вопросу исследований показывает, что прогнозирование устойчивости незакрепленной выработки обычно сводится к проверке выполнения условия, при котором отсутствует разрушение грунта на контуре выработки. Для установления вероятности разрушения грунта на контуре выработки вводятся критерии устойчивости, полученные из сопоставления максимальных напряжений на контуре выработки в упругой модели σ_{θ}^{\max} с прочностными характеристиками грунта σ_c [2]:

$$\sigma_{\theta}^{\max} \leq \sigma_c \quad (1)$$

Напряжения в характерных точках выработки (например, по вертикальному и горизонтальному диаметру выработки кругового очертания) можно

характеризовать безразмерными величинами отношений этих напряжений к начальным напряжениям в этих же точках (существовавшим до проходки выработки). Различные варианты данного условия связаны с уточнением величин σ_c и σ_{θ}^{\max} , для чего используется система коэффициентов, позволяющих учесть влияние различных горногеологических факторов на количественную оценку указанных величин. При выполнении условия (1) выработка квалифицируется как устойчивая. Невыполнение данного условия связано с образованием в окрестности выработки области предельного равновесия, в результате чего, выработка может потерять устойчивость. На базе этого условия разработан ряд численных критериев, позволяющих классифицировать выработки по степени их устойчивости. Наибольшее распространение получил критерий вида:

$$\gamma_{HK\sigma} \leq \sigma_c \quad (2)$$

где σ_c - расчетное сопротивление грунта в массиве на сжатие; $K_{\sigma} = \sigma_{\theta}^{\max} / \gamma H$ - коэффициент концентрации напряжений на контуре сечения выработки; γH - вертикальные напряжения в нетронutom массиве на глубине заложения выработки.

Стандартной схемой расчета напряженно-деформированного состояния грунтового массива, нарушенного выработкой, и взаимодействующего с массивом подземного сооружения, является плоская осесимметричная задача. В данном случае рассматривается протяженная выработка произвольного очертания, пройденная в однородном массиве на заданной глубине H (рис. 1).

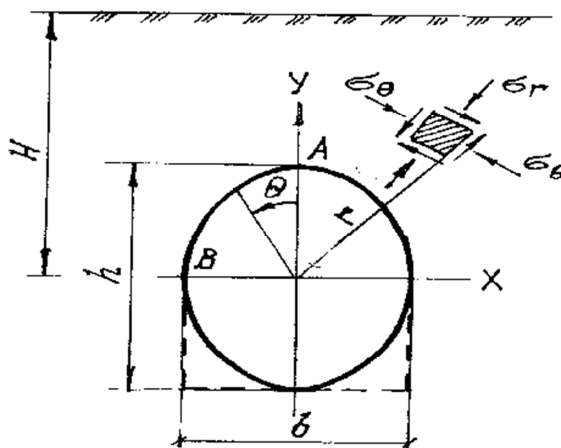


Рис. 1 - Схема к определению напряжений вокруг выработки эллиптического сечения
Fig. 1 - Scheme for determining stresses around the production of an elliptical section

Расчетное поперечное сечение достаточно удалено от забоя и можно считать, что в этом сечении имеет место состояние плоской деформации. В первом приближении, для оценки общей устойчивости выработок станционного тоннеля примем следующие значения:

$H=30$ м; $\gamma = 2,2$ т/м; $\sigma_{сж} = 0,6$ МПа, $\nu = 0,27$, тогда $\lambda = 0,37$.

В соответствии с проектным решением, выработку пилонного тоннеля принимаем близкой к эллипсу с соотношением осей $h/b = 8,3/6,3$.

Нормальные тангенциальные напряжения в точке А (в кровле выработки):

$$\sigma_{\theta}^A = \gamma \left[\lambda \left(2 \frac{h}{b} + 1 \right) - 1 \right], \quad (3)$$

в точке В (по концам горизонтальной оси эллипса):

$$\sigma_{\theta}^B = \gamma \left(1 + 2 \frac{b}{h} - \lambda \right). \quad (4)$$

Выработку можно считать устойчивой в том случае, если в своде не возникнет растягивающее напряжение.

При заданных характеристиках грунтов проанализируем характер тангенциальных напряжений в сводовой

части выработки и на уровне горизонтального диаметра.

Тангенциальные напряжения в своде выработки (точка А) эллиптического очертания получим из условия (3):

$$\sigma_{\theta}^A = 2,2 \cdot 30 [0,37 \cdot (2 \times 1,32 + 1) - 1] = 66 \cdot 0,35 = 23,1 \text{ т/м}^2 = 0,23 \text{ МПа}.$$

При таком уровне сжимающих напряжений вероятность возникновения растягивающих напряжений в своде выработки существенно снижается.

Тангенциальные напряжения в точке В на уровне малой оси эллипса получим из условия (4):

$$\sigma_{\theta}^B = 2,2 \cdot 30 [1 + 2 \cdot 0,76 - 0,37] = 66 \cdot 2,15 = 142 \text{ т/м}^2 = 1,42 \text{ МПа}.$$

Для детального изучения закономерности распределения деформаций и напряжений в обделках тоннелей метрополитена во время возведения временной и постоянной крепи были проведены экспериментальные работы. Разработана геомеханическая модель на основе подбора эквивалентного материала, удовлетворяющего условиям механического подобия величин, реально описывающих упругие характеристики окружающего грунтового массива [3-5]. Согласно теории механического подобия физико-механические характеристики представлены в виде

$$E_M^\Gamma = \frac{l\gamma_M}{L\gamma_H} E_H^\Gamma, \quad E_M^0 = \frac{l\gamma_M}{L\gamma_H} E_H^0, \quad \nu_M^0 = \nu_H^0 \quad (5)$$

$$C_M^\Gamma = \frac{l\gamma_M}{L\gamma_H} C_H^\Gamma, \quad \varphi_M^\Gamma = \varphi_H^\Gamma \quad (6)$$

Здесь индексы означают: Г- грунт, 0- обделка, М- модель, Н- натура; $E_M^\Gamma, E_H^\Gamma, E_M^0, E_H^0$ - модули упругости, ν_M^0, ν_H^0 - коэффициенты Пуассона, C_M^Γ и C_H^Γ - удельное сцепление, φ_M^Γ и φ_H^Γ - угол внутреннего трения, L - масштабный коэффициент моделирования; γ_M и γ_H - плотность. Упругие характеристики модели согласно условиям механического подобия принимают следующие значения: $E_M=1,4\text{МПа}$; $\varphi_M=40^\circ$; $C_M=0,00057\text{МПа}$.

Приводим результаты экспериментальных исследований по

определению деформации в конструктивных элементах обделки станционных тоннелей. На рисунке 2 показано деформированное состояние постоянной обделки поперечного сечения станционных тоннелей. Анализ результатов экспериментальных исследований позволил установить, что максимальные значения деформации равные 20мм возникают в сводах боковых тоннелей, а на обратном своде и в шельге верхнего свода, соответственно равны 16мм и 18мм.

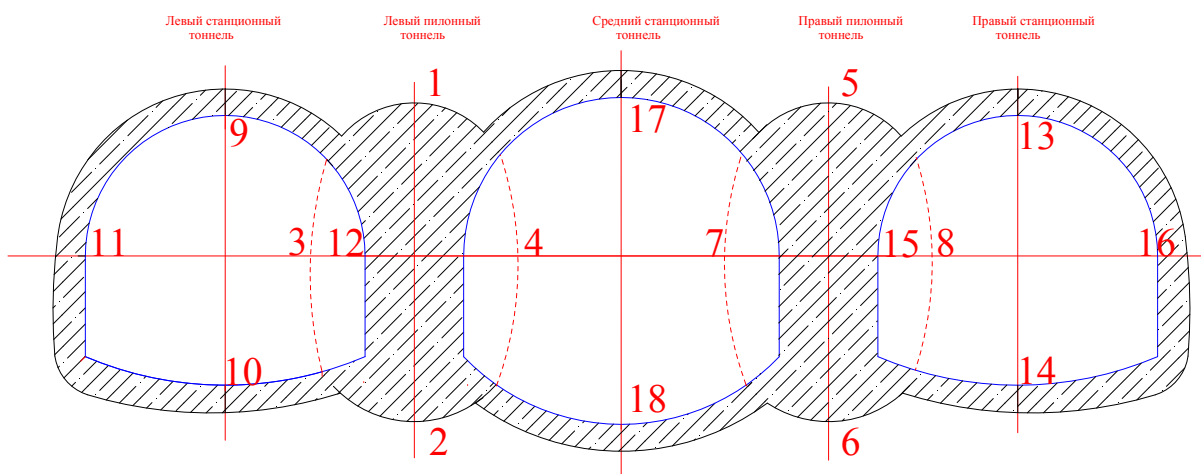


Рис. 2 – Распределение точек по периметру постоянной обделки для фиксации деформаций поперечного сечения станционных тоннелей

Fig. 2 - Distribution of points along the perimeter of the constant lining for fixing deformations of the cross section of station tunnels

Результаты экспериментальных исследований по изучению напряженного состояния в конструктивных элементах постоянной обделки станционных тоннелей приведены на рисунке 3. Анализ результатов экспериментальных исследований позволил выявить, что

максимальные значения тангенциальных растягивающих напряжений равные 13 МПа наблюдаются в сводах боковых тоннелей. На обратном своде максимальные значения тангенциальных сжимающих напряжений равны 5МПа.

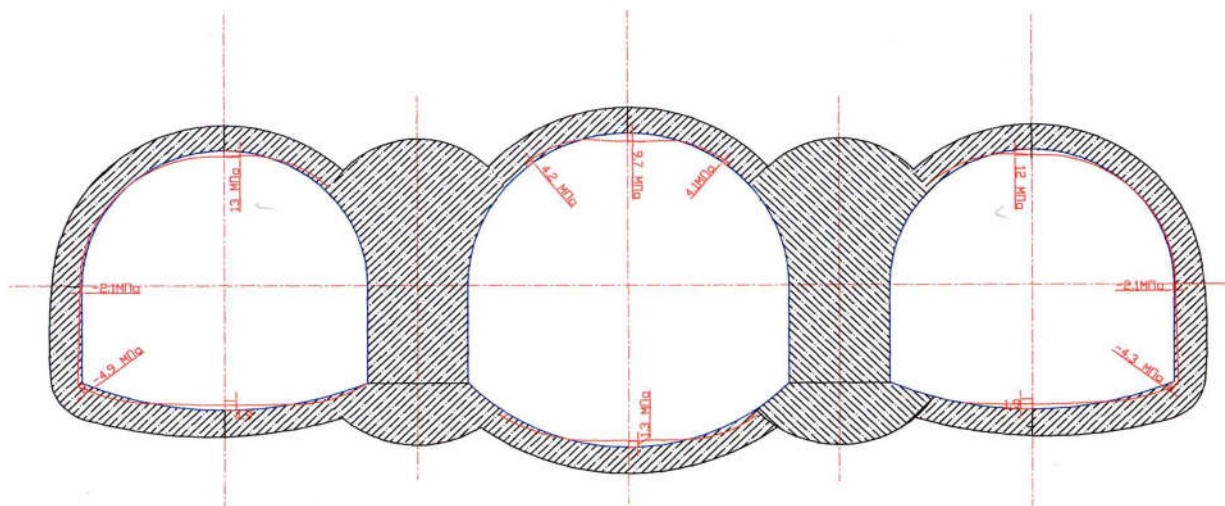


Рис. 3 - Эпюры тангенциальных напряжений во внутреннем контуре крепи от веса вышележащего
грунтового массива

Fig. 3 - Plots of tangential stresses in the inner contour of the lining from the weight
of the overlying soil massif

Выводы. Изучены закономерности распределения деформаций и напряжений во временной и постоянной крепи тоннелей метрополитена на основе геомеханической модели окружающего неоднородного грунтового массива. Анализ результатов экспериментальных исследований позволил установить, что максимальные значения деформации

возникают в сводах боковых тоннелей и в шельге верхнего свода. Анализ результатов экспериментальных исследований позволил выявить, что максимальные значения растягивающих напряжений возникают в сводах боковых тоннелей, а сжимающих напряжений - на обратном своде.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Махметова Н.М, Солоненко В.Г., Шаяхметов С.Б. Экспериментальный расчет напряженно-деформированного состояния обделки типового участка станции // Вестник НАН РК. Вып. 3. № 361. – 2016. – С. 42-47.
- [2] Гибшман М.Е., Попов В.И. Проектирование транспортных сооружений.- М.:Транспорт, 1988.- 198с.
- [3] N.M. Makhmetova, V.G. Solonenko, S.E. Bekzhanova. The calculation of free oscillations of an anisotropic three-dimensional array of underground structures // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып. 2.№ 422. – 2017. - С. 175-184.
- [4] V.G. Solonenko, N.M. Makhmetova, J.S.Musayev, S.E. Bekzhanova, M.Ya. Kvashnin.The method of limiting speed when passing turnouts of railway vehicles with bogies of model zk1 // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып. 1.№ 433. – 2019. - С. 151-162 (in Eng.) <http://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.19>
- [5] V.G. Solonenko, N.M. Makhmetova, J.S.Musayev, S.E. Bekzhanova, M.Ya. Kvashnin.Stresses in elements of metal railway bridges under the action of the crew // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып.2.№ 434. – 2019. - С. 151-162 (inEng.) <http://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.50>

REFERENCES

- [1] N.M. Makhmetova, V.G. Solonenko, S.B. Shayahmetov. Eksperimentalnyy raschet napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya obdelki tipovogo uchastka stantsii // Vestnik NAN RK/ Vyp. 3. № 361. – 2016. – S. 42-47.
- [2] Gibshman M.E., Popov V.I. Proektirovanie transportnyh sooruzheniy, M.: Transport, 1988, 198s.
- [3] N.M. Makhmetova, V.G. Solonenko, S.E. Bekzhanova. The calculation of free oscillations of an anisotropic three-dimensional array of underground structures // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып. 2.№ 422. – 2017. - С. 175-184.
- [4] V.G. Solonenko, N.M. Makhmetova, J.S.Musayev, S.E. Bekzhanova, M.Ya. Kvashnin.The method of limiting speed when passing turnouts of railway vehicles with bogies of model zk1 // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып. 1.№ 433. – 2019. - С. 151-162 (in Eng.) <http://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.19>

- [5] V.G. Solonenko, N.M. Makhmetova, J.S.Musayev, S.E. Bekzhanova, M.Ya. Kvashnin. Stresses in elements of metal railway bridges under the action of the crew // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan / Series of geology and technical sciences. – Вып.2.№ 434. – 2019. - С. 151-162 (inEng.) <http://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.50>

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБДЕЛКИ СТАНЦИИ

Махметова Нарзанкул Мусаевна, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; makhmetova_n1958@mail.ru

Абдурахманов Асхат Аскарлович, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; K1t08@mail.ru

Солоненко Владимир Гельевич, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; v.solontnko@mail.ru

СТАНЦИЯ ҚАТПАРЛАМАСЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІНІҢ ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Махметова Нарзанкул Мусаевна, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; makhmetova_n1958@mail.ru

Абдурахманов Асхат Аскарлович, магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; K1t08@mail.ru

Солоненко Владимир Гельевич, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; v.solontnko@mail.ru

Андатпа. Станцияның типтік бөлігіндегі қатпарламаларының кернеулі-деформациялық күйін білуге бағытталған эксперименталды зерттеу жұмысы болып табылады. Эквивалент материалдар әдісі арқылы Жібек Жолы комплексті станциясының статикалық жұмысын моделдеу негізінде жүргізілген эксперимент нәтижесінде үлкен деформациялар уақытша қатпарламаны жұмысқа қосқан кезде пайда болатындығы орнатылған. Тұрақты қатпарлама жүргізу арқылы станцияның барлық құрылымдарының жағдайын орнықты етуге болады. Осыған байланысты, практикада төзімді набрызгбетонды қатпарлама жасау мәселесіне станциялық тоннелдерді жүргізу кезінде аса көңіл бөлу қажет.

Мақалада метрополитен станциясының геомеханикалық моделін құру арқылы станциялық тоннельдердің типтік бөлігіндегі қатпарламаларының кернеулі- деформациялық күйі эксперименттік әдіспен зерттеледі.

Түйін сөздер: кернеулі-деформациялық күй, бекітпе, кернеу, жылжу, геомеханикалық модель.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.28-36

THERMODYNAMIC BASIS FOR INCREASING THE INITIAL STRENGTH OF CONCRETE

Rashit Brzhanov, Ph.D. Professor of the Department of Construction Engineering of the Caspian State University of Engineering Technology named after Sh. Yesenov. Aktau, Kazakhstan, brzhanov@mail.ru

UDC 693.547.3

THERMODYNAMIC BASIS FOR INCREASING THE INITIAL STRENGTH OF CONCRETE

Abstract. The article contains information on increasing the initial strength of concrete. When exposed to negative temperatures on fresh concrete, the initial strength of concrete is important. High initial strength of concrete provides good resistance to freezing. A technology is proposed to increase the initial strength of concrete with repeated vibration.

Cement minerals are formed at different speeds, and the weakest cement minerals harden earlier. These cured minerals protect against the hardening of the most durable cement minerals.

The possibility of the formation of cement hydration products is confirmed by thermodynamic calculations. The basic model that confirms the formation of a specific mineral during cement hydration is Gibbs minimum energy. Analysis of methods for calculating the thermodynamic potential, adapted for various materials. In the first, low-temperature thermodynamic calculations of the most characteristic products of cement hydration at low temperatures are performed.

The mechanism for increasing the initial strength of cement is the destruction of weak minerals of cement hydration products. These weak minerals are destroyed by mechanical action on them. With repeated vibration, the hardening of minerals is redistributed. The effect of repeated vibrations on increasing the strength of concrete at the age of 3.7.28 days was studied. The influence of the number of repeated vibrations on the increase in concrete strength is investigated.

Keywords: Cement minerals, setting time, cement hydration, concrete vibrating, initial concrete strength

INTRODUCTION

The general development of the science of concretes allows, to a certain extent, to manage the properties of these materials from the standpoint of resource and energy saving, ensure the high quality of finished products, create highly automated technological lines for preparing concrete mixes, and therefore remains one of the topical research areas in construction technology [1].

The growing interest in the use of monolithic concrete and reinforced concrete requires the solution of important tasks to improve the efficiency of monolithic construction. Over the recent years, a number of studies have been carried out as a result, there have been significant changes in the level of organization and technology of construction of monolithic buildings and structures, including in the area of improving the technology for preparing concrete mixes [2].

One of the areas in the improvement of this technology is the activation of raw materials. A disadvantage of known methods is the large energy consumption for the implementation of the method of manufacturing concrete and ensuring the strength of concrete in the early periods of hardening in the cold [3]. In the modern technology of cement concretes, such an obvious way to increase the strength of hydrated binders and the effectiveness of concrete by accelerating hydration, such as increasing the fineness of cement from the

traditional level on the specific surface from 3000-3500 cm²/g to 4500-6000 cm²/g, is not assessed today as always justified for technical and economic reasons due to a significant reduction in the performance of grinding equipment, increasing energy costs and the cost of cement [4]. The most economically viable and technical feasible in concrete technology is the use of revibrating.

The purpose of the research is to increase the initial strength and frost resistance of concrete.

MATERIALS AND METHODS

The objectives are to study the thermodynamic possibility of hardening the cement to a new formation at various negative temperatures and the kinetics of these neoplasms. The hydration rate of various cement minerals is different. At the beginning, weak cement minerals are hydrated, which shield the hydration of the more durable cement minerals and slow down the process of curing with concrete. Under the action of negative temperatures, these weak bonds cannot withstand the forces of water expansion during freezing. The next task of the research by technological methods is to destroy the weak neoplasms of cement minerals, for hardening in the early stages of more powerful cement minerals. In addition, many factors affect the neoplasm of cement minerals, for example, the clinker composition of cement, the presence of chemical additives in concrete, technological and climatic conditions. The most reliable prediction of the formation of cement from

clinker as a composite material is the thermodynamic calculations of the formation of cement minerals. For comparative thermodynamic calculations, we have chosen the simplest methods in mathematical design and giving small discrepancies with the literature data. These methods are systematized for calculations ΔH_{298}^0 , ΔS_{298}^0 , ΔZ_{298}^0 , $C_p = f(T)$.

RESULTS AND DISCUSSION

The theoretical basis of the thermodynamics of the processes of hardening of binders includes the consideration of the thermodynamics of real solutions of binders in water and the thermodynamics of the coexistence of mixed crystalline phases. The process of hydration of binders can be studied without considering the complex mechanism of interaction of the binder with water, and using the thermodynamic properties of only the starting materials and final products using the formulas of multicomponent systems [5, 6].

$\Delta Z = f(T)$ for condensed systems. The thermodynamics of contact formation and the "synthesis of strength" of binders are currently not yet developed. The research available on this issue mainly concerns the development of kinetic problems. Kinetic factors determine the reaction rate, the specific yield of products, the possibility or impossibility of

the reaction, predicted by the laws of thermodynamics. According to the results of thermodynamic calculation, it is possible to determine not only the most stable reaction product, but in some cases also its primacy.

On the basis of many thermodynamic researches, it has been established that the most preferable primary connection will be the one formed with the most negative assignment ΔZ . When thermodynamic analysis of systems involving solid phases, it should be borne in mind that the ΔZ value of the reaction is directly dependent on the amount of crystalline substances obtained by the reaction. In this regard, taking into account the stoichiometry of the reaction is a necessary condition for proper thermodynamic analysis of the preference of the reaction in the same systems. Since cement is a multi-mineral substance, therefore, different ways of hydration of cement clinker monominerals are possible, which are listed in Tab. 1 (according to N.V. Belov and Kh.S. Mamedov) [2].

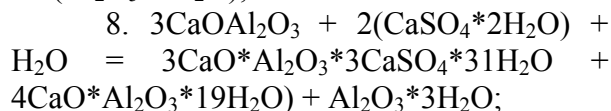
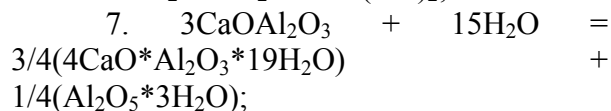
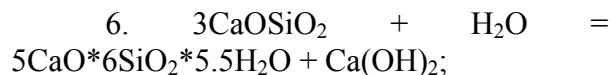
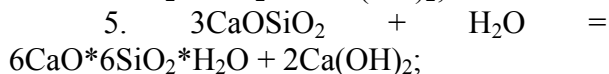
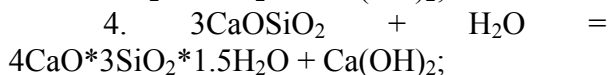
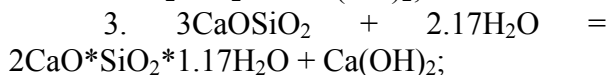
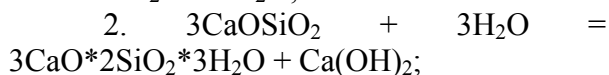
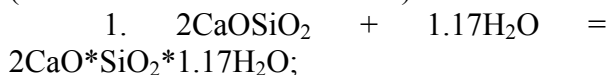
Table 1 shows the cement hydrosilicates obtained by the hydration reaction of cement clinker. Depending on the amount of molecules of the water to be added to the silicate, various hydrosilicates are obtained by name and properties [9-11].

Table 1 - Crystalline and stoichiometric formulas of hydrosilicates and calcium hydroaluminates

Таблица 1 - Кристаллические и стехиометрические формулы гидросиликатов и гидроалюминатов кальция

The name of hydrosilicates	Crystal-chemical formula	Stoichiometric formula
Hillebrandite	$Ca_{12}[Si_6O_{17}](OH)_4 \cdot 12Ca(OH)_2$	$2CaO \cdot SiO_2 \cdot 1.17H_2O$
Affiliate	$Ca_3 \cdot 2H_2O [SiO_3(OH)]_2$	$3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$
Foshagite	$Ca_8[Si_6O_{17}](OH)_6$	$4CaO \cdot 3SiO_2 \cdot 1.5H_2O$
Xonotlite	$Ca_6[Si_6O_{17}](OH)_2$	$6CaO \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O$
Rivierandite	$Ca_{10}[Si_2O_{21}](OH)_6 \cdot 3H_2O$	$5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 3H_2O$
Tobermorite	$Ca_{10}[Si_{12}O_{21}](OH)_6 \cdot 8H_2O$	$5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 5.5H_2O$
Plombierite	$Ca_{10}[Si_2O_{21}](OH)_6 \cdot 18H_2O$	$5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 10.5H_2O$
Gyrolite	$Ca_4[Si_6O_{15}](OH)_2 \cdot 4H_2O$	$2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot 2.5H_2O$
Oxen	$3[Ca_3[Si_6O_{15}]2H_2O \cdot 4H_2O]$	$CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Truscottite	$4[CaSi_6O_5 \cdot 2H_2O]$	$CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 0.67H_2O$
Nekont	$Ca_3[Si_6O_{15}]2H_2O \cdot 4H_2O$	$CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Calcium hydroaluminate		$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 19H_2O$ $3CaO \cdot A_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$

For the calculation of heat capacity and thermodynamic quantities of various methods we have considered the following hydration reaction β C2S (alit), C3S (white), C3AS tricalcium aluminum silica), C4AF (tetracalcium aluminum ferrite) three



We have regularized the methods for calculating the isobaric isothermal potential, which are listed in Tab. 2. These methods are designed to calculate simple chemical compounds. We have considered the possibility of using them to calculate the isothermal potential of silicates [5].

Table 2 - Methods for determining
Таблица 2 - Методы определения

The author of the method	Necessary conditions for calculation	Formula	Explanations to the formula	Possibility of application for the study of silicates
V.I. Bubushkin, O.P. Mchedlov-Petrosyan [2]	The presence of a structural analogy, which is expressed in the ratio of the energy fraction of one or several links of individual structural groups	$\Delta H_{298}^0 = \sum de$	de – the share of energy of individual structural units	For calcium hydroaluminates, hydrosulphluminates and hydrocarbonbialuminates
	The presence of the mean bond energy (according to Cotrell) of the compound, the energy of sublimation and dissociation of its slagging elements	$\Delta H_{298}^0 = \Sigma$ Communication + $\Sigma \Delta U_{\text{firing}} + \Sigma \Delta U_{\text{dis}}$.	E – connections - the average value of the binding energy in a compound. compound is formed (O ₂ , H ₂ , etc.)	To calculate the unknown heats of formation of hydrosilicates, calcium.
N.N. Drozdin [3]	The presence of entropy values of oxides that make up the compounds.	$\Delta S_{298}^0 = \Sigma S_{\text{okisl}}$.	S _{okisl} – the value of the entropy of oxides, constituting the compound	Applicable to silicates
E. Turkakan, D. Zh. Pierson [2]	Availability of data on molar volumes for related groups of compounds (silicates, carbonates, sulfates)	$\Delta S_{298}^0 = aVn$	V – molar volume, ml., a and n is the coefficient for the given group of co-uniting.	Applicable to silicates
V.M. Latimer [4]	Presence of values of atomic weights $\Delta S_{298}^0 = 1.5R \ln A - 0.94$	$\Delta S_{298}^0 = 1.5R \ln A - 0.94$	A – atomic weight	
V.A. Kireev [3]	The additivity of the entropy of the constituent parts of complex single-type compounds	$\Delta S_{298}^0 = \Sigma S_{\text{sn}}[7,8,9], + \Delta S_1$	S – energy of constituent parts.	
N.A. Landia [1]	The presence of a connection between the specific heats of solids and their entropies	The calculated equation $C_p = a + bT + cT^2$		

ΔH_{298}^0 , ΔZ_{298}^0 N.A. Landia [1] the presence of a connection between the specific heats of solids and their entropies the calculated equation:

$$C_p = a + bT + cT^2 \quad (1)$$

Calculation of the heat capacity versus temperature by the Landy method. Proceeding from the dependence of the isochoric heat capacity on temperature according to the theory of Debbay [4], Landia proposed a scheme for calculating the isobaric heat capacity of crystalline inorganic substances.

$$C_p = C_v + \alpha^{3/2}T \quad (2)$$

Full calculation scheme is presented in many works on thermodynamics and therefore lowering the mathematical apparatus of calculations [3, 4], we give only necessary notation for calculation:

n – number of atoms compounds;

h – the number of hydrogen atoms in the compounds;

m – the number of water molecules of crystal hydrates.

$$S_{at} = 1070/(6.7 - C_p^{at}) - 507 \quad (3)$$

which: S^{at} – atomic entropy;

$C_p^{at} = C_{pt}/n$ – atomic low temperature heat capacity.

Formula (3) is valid for complex oxygen compounds (substances molecules of which consist of three and more elements).

$$C_{pt} = n*[6.6 - a/(v + K*(T - v)) + 124/T_{melting}*(6.6 - a/298)^2*T^{3/2}*10^3] \quad (4)$$

$$C_p^1 = 0.94*n*[6.6 - a/298 + 6.38/T_{melting}*(6.6 - a/298)^2] \quad (5)$$

where: C_p^1 is calculated as the sum of atomic heat, which for separate elements are used as equal: $O_2 - 4.81$;

$Si - 3.8$;

$6.2 -$ are other elements.

$$C_p^{11} = n*[6.6 - a/298 + 6.38/T_{melting}*(6.6 - a/298)^2] \quad (6)$$

$$C_p^{111} = n*[6 - 14.76/S_{at}*(n_1^2 + n_2^2)/n^2 + 6.38/6.6 - 14.76/S_{at}*((n_1^2 + n_2^2)/n^2)^2] \quad (7)$$

where: n_1, n_2 the number of atoms of cation and anion in compounds,
 n – is the total number of cation and anion atoms.

$$C_{pt} = n*[5.6 - 1.24/T_{melting}*(6.6 - a/298)^2*T^{3/2}*10] \quad (8)$$

For reactions as in table 1 we expect the equation depending on the temperature of the heat capacity, the results of which are shown in Table 3.

Coefficients of equation:

$$C_p = a + V_T + CT^2 \quad (9)$$

The following conditions are calculated:

$$y = a + vx + cx^2, \quad (10)$$

$$x = (T - 298)/100.$$

By the method of least squares of coefficients "a", "b" and "c" are found from the following equations:

$$\begin{aligned} \sum y &= n*a + b*\sum x + c*\sum x^2 \\ \sum xy &= a\sum x + b*\sum x^2 \\ \sum x^2 y &= a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 \end{aligned} \quad (11)$$

$n = 3$ number of measurements.

A system of equations from table. 1. is constituted and subsequently, excluding "a", "b" and "c" of these equations and expressing one of the other we calculate them. After statement of equation (9) and integrating substitution H_{298} and $T = 298$ K, we determine the integration constant ΔH .

$$\Delta H_0 = \Delta H_{298}^0 - a*298 - 1/2*v*(298)^2 + C*(298)^{-1} \quad (12)$$

we express ΔZ reaction for any temperature by the equation (11)

$$\Delta Z_T^0 = \Delta H_0 - a \cdot T \cdot \ln T - 1/2 \cdot b \cdot T^2 + 1/2 \cdot c \cdot T^{-1} + y \cdot T \quad (13)$$

where y – is the second constant of integration.

In equation (12) we substitute $T \sim 298$ K, ΔZ_{298}^0 and ΔH_0 and determine “ y ” from the following equation.

$$\Delta Z_{298}^0 = \Delta H_0 - a \cdot 298 \cdot \ln 298 - 1/2 \cdot v \cdot (298)^2 - 1/2 \cdot c \cdot (298)^{-1} + Y_T \quad (14)$$

Noting ΔH_0 and “ y ” we constitute the equation depending on isobaric-isothermal potential on the temperature:

$$\Delta Z_T^0 = \Delta H_0 - a \cdot T \cdot \ln T - 1/2 \cdot v \cdot T^2 - 1/2 \cdot c \cdot T^{-1} + y \cdot T \quad (15)$$

The results of calculation by the equation (15) are presented in Table 3.

Table 3 - Calculation of isobaric-isothermal potential depending on the temperature for reactions C S with water.

Таблица 3 - Расчет изобарно-изотермического потенциала в зависимости от температуры для реакций C S с водой

Equation $Z_0 = f(T)$	$Z_0 = 253K$	$Z_0 = 263K$	$Z_0 = 273K$	$Z_0 = 283K$
$-7450 - 3.1T \ln T + 3.59 \cdot 10^{-3} T^2 + 2.13 \cdot 10^5 T^{-1} + 31.3T$	-2799.25	-2702.87	-2604.62	-2504.68
$-29720 - 14.46T \ln T + 11.84 \cdot 10^{-3} T^2 + 9.87 \cdot 10^5 T^{-1} + 26.5T$	-13299.69	-13069.48	-12831.53	-12586.8
$-8986 - 0.077T \ln T + 7.94 \cdot 10^{-3} T^2 + 3.9 \cdot 10^5 T^{-1} + 37.1T$	2342.24	2690.55	3044.71	3404.28
$-32210 - 12.96T \ln T + 8.65 \cdot 10^{-3} T^2 + 7.6 \cdot 10^5 T^{-1} + 31.3T$	-18712.69	-18521.53	-18325.20	-18124.4
$-30936 - 12.32T \ln T + 3.5 \cdot 10^{-3} T^2 + 7.36 \cdot 10^5 T^{-1} + 10.96T$	-17293.43	-17095.99	-16894.42	-16689.4
$-32051 - 5.71T \ln T + 4.61 \cdot 10^{-3} T^2 + 7.31 \cdot 10^5 T^{-1} + 72.4T$	-29982.69	-31123.18	-32265.81	-33410.6
$-4710 - 9.94T \ln T + 0.67 \cdot 10^{-3} T^2 + 1.37 \cdot 10^5 T^{-1} + 47.2T$	-2161.23	-1989.562	-1819.891	-1650.45

At hardening of water of alite and belite, an act of chemical interaction of these minerals is the formation in solution of ions Ca^{2+} , SiO^{2-} и OH^- , pH of the solution thus increases, and when reaching the value of 11.9, already provides a saturation, sufficient for the process of crystallization of relevant hydrosilicates of calcium of equilibrium the pH value formation of which lower than the value of 11.9. Since the tobermorite of equilibrium the meaning pH shows a value of 10.65, and 11.35 for hillebrandite then saturation for tobermorite occurs earlier and it drops out into precipitation before hillebrandite, although thermodynamically stable form under these conditions are hillebrandite.

A technological method for the destruction of weak minerals and the possibility of the formation of strong minerals are proposed a method of re-vibrating the concrete mix.

The technical result is achieved by re-vibrating the concrete mix destroying rapidly hydrating and weak cement minerals, thereby allowing the hydration reaction of the more durable cement minerals to take place.

The concentration of binders in a solution always passes through a maximum, and can be considered as an intermediate stage of a sequential process of hydration. Consequently, it is possible to determine when and which of the processes – dissolution of the binder or release of neoplasms – as the slowest limit of the entire hydration course as

a whole, can be determined by the time variation of the concentration of the initial binder limits the entire course of hydration as a whole.

We have investigated the methods of increasing the strength of concrete with the technological parameters of the preparation of concrete mix, re-vibrating. The theoretical basis for performing the experiments was the position known from the chemistry of cement that the minerals of cement clinker have different rates of hardening. And the weakest minerals crystallize faster and screen hardening of stronger minerals. Multiple vibrations of a concrete mixture tear off a film of hydrated neoplasms and accelerate the hydration processes of the most durable minerals of cement [5,6].

When the vibration is repeated, weak cement minerals (three calcium ferrite and four calcium alumoferrite) that destroy the hardening of the stronger minerals of cement (alite and belite) are destroyed and, in the final analysis, the strength of the concrete rises, when all other things being equal [7,8].

In the experiments, the following materials were used: cement of grade PZ-

400D, crushed stone granite size of 10-20 mm, sand river with an average size modulus. Consumption of materials on 1 m³ concrete mix:

Cement – 300 kg; Sand – 680 kg; Crushed stone – 1325kg; W/C = 0.5.

The concrete mixture was prepared for the entire volume of the experiment. Three series of samples were prepared for 9 samples in each series. All samples were vibrated on a laboratory vibro-site for 20 seconds, then 1 set of sample was placed in a normal hardening chamber and a refrigerating chamber, and the remaining samples were vibrated once again 0.5 hours from the start of mixing of the concrete mix with water and 3 series were vibrated for the third time in 1.0 hour from the beginning of mixing.

The most suitable duration of vibration is 10-30 seconds.

The concrete strength test was performed after 28 days of normal hardening and frozen at minus 20 °C, which were kept for 1 day in normal conditions before testing. The results of the experimental work are given in Tab. 4.

Table 4 - Results of comparative tests
Таблица 4 - Результаты сравнительных испытаний

Age (day)	Strength MPa (kg/cm ²)			Strength of control samples MPa (kg/cm ²)
	Number of vibrations			
	1	2	3	
3	11.0 (110)	13.4 (134)	12.0 (121)	13.4 (134)
	11.3 (113)	13.6 (136)	12.3 (123)	14.6 (146)
	11.7 (117)	13.2 (132)	12.7 (127)	13.2 (132)
7	11.8 (118)	15.2 (152)	15.8 (158)	15.2 (152)
	12.5 (125)	16.0 (160)	14.5 (145)	15.0 (150)
	12.8 (128)	14.8 (148)	14.5 (145)	16.8 (168)
28	13.9 (139)	27.7 (277)	24 (240)	28.2 (282)
	13.7 (137)	28.4 (284)	23.7 (237)	28.7 (287)
	14.2 (142)	28.7 (287)	24.8 (248)	28.5 (285)

The results of the early freezing concrete strength test show that, three vibrations do not affect the strength gain of the frozen samples. Re-vibrating the concrete mix before freezing increases the initial strength of the concrete. And in such concrete

at freezing there are less destructive processes [9].

CONCLUSION

The results of calculations and experimental studies allow us draw the following practical conclusions:

- Thermodynamic formation of all hydrosilicates considered is possible at low temperatures.

- Thermodynamically most stable in the C-3-S-H system react 6 (tobermorite), 4 (foshagit), 5 (xonotlite) at temperatures to minus 20 °C.

- To account for the thermodynamic stability of hydrosilicates, it is necessary to calculate the equilibrium pH 4. Executed experiments allow us to save cement with the correct appointment of a time of re-vibrating to 20 %.

- The optimal time for re-exposure to the concrete mixture is within 0.5-1.5 hours,

depending on the mineralogical composition of the cement.

- The necessary duration of vibration depends on the massiveness of the concrete construction and the characteristics of the vibrator.

- The re-vibration period depends on the mineralogical composition of the cement, so the re-exposure period is wide, it is required to set the re-vibration time for concrete types of cement.

- To provide the minimum necessary for resistance to destructive phenomena of strength, concrete during early freezing can be subjected to repeated vibrations.

REFERENCES

- [1] Landia N.A. Calculation of high-temperature heat capacities of solid inorganic substances using standard entropies. Tbilisi: Academy of Sciences of the Georgian SSR, 1990 -222 p.
- [2] Ratinov V.B., Rosenberg T.I. Additives in the concrete.-2nd ed., elab. and add-M.: Stroiizdat, 1989.-188s.: pub.
- [3] Marchevsky A.S., Sladkov I.V. Thermodynamic calculations in metallurgy \ Reference –M.: Metallurgy, 2012.-137 p
- [4] Chemistry of Cement / Ed. X. F.U. Taylor. - M.: Publishing house of literature on p-woo, 1999.-501p
- [5] Pikus, G. A., and R. T. Brzhanov. "Assessment of concrete strength development in winter." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 451. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [6] Brzhanov, R. T., G. A. Pikus, and M. Traykova. "Methods of increasing the initial strength of winter concrete." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 451. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [7] Pikus G. A., Lebed A. R. Warming of Monolithic Structures in Winter //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Т. 262. – №. 1. – С. 012064.
- [8] Mironov S. A. Theory and methods of winter concreting. – US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, 1977.
- [9] Brzhanov RT, Bishimbayev VK Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №25073. Method of winter concreting. Published a bulletin of the invention of the Republic of Kazakhstan No. 12, 2011.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ландия Н.А. Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ с использованием стандартных энтропий. -Тбилиси: Академия наук Грузинской ССР, 1990. -222 с.
- [2] Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. - 2-е изд., : Стройиздат, 1989.-188 с .
- [3] Марчевский А.С., Сладков И.В. Термодинамические расчеты в металлургии \ Справочник –М.: Металлургия, 2012.-137 с.
- [4] Химия цемента / Под ред. X. F.U. Тейлор. - М.: Издательство литературы по стр-ву, 1999.-501с.
- [5] Pikus, G. A., and R. T. Brzhanov. "Assessment of concrete strength development in winter." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 451. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [6] Brzhanov, R. T., G. A. Pikus, and M. Traykova. "Methods of increasing the initial strength of winter concrete." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 451. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [7] Пикус Г. А., Лебедь А. Р. Утепление монолитных конструкций зимой // Серия IOP Conference: Материаловедение и инженерия. - IOP Publishing, 2017. - Т. 262. - №. 1. - С. 012064.
- [8] Миронов С. А. Теория и методы зимнего бетонирования. - -2-е изд., доп. и перераб.: : Стройиздат, 1989.-328 с .
- [9] Бржанов Р.Т., Бишимбаев В.К. Инновационный патент Республики Казахстан №25073. Способ зимнего бетонирования. Опубликовано бюллетень изобретения Республики Казахстан № 12, 2011.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Бржанов Рашид Темержанович, к.т.н. профессор кафедры «Строительный инжиниринг» Каспийского государственного университета технологии инжиниринга имени Ш.Есенова. г.Актау, Казахстан, brzhanov@mail.ru

Аннотация. Статья содержит информацию о повышении начальной прочности бетона. При воздействии отрицательных температур на свежий бетон первоначальная прочность бетона имеет важное значение. Высокая начальная прочность бетона обеспечивает хорошую устойчивость к замерзанию. Предложена технология увеличения начальной прочности бетона при многократной вибрации.

Цементные минералы образуются с разной скоростью, а самые слабые цементные минералы затвердевают раньше. Эти отвержденные минералы защищают от затвердевания самых прочных цементных минералов. Возможность образования продуктов гидратации цемента подтверждается термодинамическими расчетами. Основной моделью, которая подтверждает образование определенного минерала во время гидратации цемента, является минимальная энергия Гиббса. Анализ методов расчета термодинамического потенциала, адаптированных для различных материалов. В первом выполнены низкотемпературные термодинамические расчеты наиболее характерных продуктов гидратации цемента при низких температурах.

Механизмом повышения начальной прочности цемента является разрушение слабых минеральных веществ продуктов гидратации цемента. Эти слабые минералы разрушаются механическим воздействием на них. При повторной вибрации отверждение минералов перераспределяется. Изучено влияние повторных вибраций на увеличение прочности бетона в возрасте 3,7,28 суток. Исследовано влияние числа повторных вибрирований на увеличение прочности бетона.

Ключевые слова: цементные минералы, время схватывания, гидратация цемента, вибрация бетона, начальная прочность бетона.

БЕТОННЫҢ БАСТАПҚЫ БЕРІКТІГІН ӨНДІРУДІҢ ТЕРМОДИНАМДЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Бржанов Рашид Темержанович, техника ғылымының кандидаты, доцент, «Құрылыс инжиниринг» кафедрасының профессоры, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, Актау қаласы, Қазақстан, brzhanov@mail.ru

Андатпа. Мақалада бетонның бастапқы беріктігін арттыру туралы ақпарат бар. Жаңа бетонға теріс температура әсер еткенде бетонның бастапқы беріктігі маңызды. Бетонның жоғары бастапқы беріктігі мұздатуға жақсы қарсылықты қамтамасыз етеді. Бетонның бастапқы беріктігін қайталанатын тербеліспен арттыру технологиясы ұсынылған.

Цемент минералдары әртүрлі жылдамдықта пайда болады, ал әлсіз цемент минералдары ертерек қатайды. Бұл пайда болған минералдар ең мықты цемент минералдарының қатаюынан қорғайды. Цемент гидратациясы өнімдерінің пайда болу мүмкіндігі термодинамикалық есептеулермен расталады. Цементті ылғалдандыру кезінде белгілі бір минералдың түзілуін растайтын негізгі модель - Гиббс минималды энергиясы. Әр түрлі материалдар үшін бейімделген термодинамикалық потенциалды есептеу әдістерін талдау. Төмен температурада цемент гидратациясының ең тән өнімдерінің бірінші, төмен температуралы термодинамикалық есептеулері жасалды.

Түйін сөздер: цемент минералдары, қату уақыты, цемент гидратациясы, бетонды дірілдетуі, бетонның бастапқы беріктігі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.36-45

MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMICS OF THE SHALLOW TUNNEL SUPPORTED WITH THREE-LAYERED SHELLS UNDERGOING TRAFFIC LOADS

Vitaliy Ukrainets, Doctor of Technical Sciences, Professor, Pavlodar state University named after S. Toraigyrov, Pavlodar, Kazakhstan, vitnikukr@mail.ru

Zhangeldy Otarbaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, 2725571@mail.ru

Svetlana Girnis, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Pavlodar state University named after S. Toraigyrov, Pavlodar, Kazakhstan, girnis@mail.ru

Abstract. The transport load acting on the tunnel (the load from moving in-tunnel vehicles) creates fluctuations in the lining of the tunnel and the surrounding rock mass. The deformations and stresses arising in this process largely depend on the structure of the lining of the tunnel, the type and parameters of the load, and on the depth of the tunnel. Experimental methods for studying the vibration processes that occur in tunnels due to the action of transport loads require significant material costs, and in some cases, it is not possible. Therefore, there is a need for effective methods of dynamic calculations of tunnel structures, which are based on mathematical models using modern representations of mechanics.

This article provides a solution to the problem mathematically modeling the dynamics supported by a three-layer lining of a shallow tunnel under the action of a transport load. A three-layer lining is considered as a circular cylindrical three-layer shell with a thick inner layer and thin outer layers. The dynamic equations of the theory of elasticity in Lamé potentials are used to describe the motion of the half-space and the inner layer of the shell. Fluctuations of the outer layers of the shell are described by the classical equations of the theory of thin shells. Equations are represented in a moving coordinate system. The contact between the shell layers and the surrounding array relied rigid.

Initially, a randomly running circumferential load is assumed sinusoidal along the axis of the shell. The method of incomplete separation of variables is proposed to solve the problem. The solution for potentials is presented in the form of a superposition of Fourier – Bessel series and contour integrals of the Fourier type. Next, the method of expanding potentials into plane waves and expanding plane waves in series in cylindrical functions is used. Then, the obtained solution is used to solve the problem of the action of a moving load on the shell, which does not have periodicity, but can be represented as a Fourier integral. The solution is obtained for the case when the speed of the load is less than its critical speeds.

Keywords: tunnel, elastic half-space, three-layered shell, moving load, tense-deformed condition.

УДК 624.195:539.3

В.Н. Украинец¹, Ж.О. Отарбаев², С.Р. Гирнис¹

¹Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДКРЕПЛЕННОГО ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБДЕЛКОЙ ТОННЕЛЯ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ

Аннотация. Решена задача о действии подвижной нагрузки на трехслойную оболочку в упругом полупространстве. Для описания движения полупространства и внутреннего слоя оболочки используются динамические уравнения теории упругости в потенциалах Ламе, колебания наружных слоев оболочки описываются классическими уравнениями теории тонких оболочек. Первоначально произвольная в окружном направлении бегущая нагрузка полагается синусоидальной по оси оболочки. Для решения задачи предложен метод неполного разделения переменных. Затем полученное решение используется для решения задачи о действии на оболочку движущейся нагрузки, не обладающей периодичностью, но представимой в виде интеграла Фурье. Решение получено для случая, когда скорость движения нагрузки меньше её критических скоростей. Данная задача математически моделирует динамику подкрепленного трехслойной обделкой тоннеля мелкого заложения при действии транспортной нагрузки (нагрузки от движущегося внутритоннельного транспорта).

Ключевые слова: тоннель, упругое полупространство, трехслойная оболочка, подвижная нагрузка, напряженно-деформированное состояние.

Действующая на тоннель транспортная нагрузка создаёт колебания в обделке тоннеля и окружающем массиве пород. Возникающие при этом деформации и напряжения в значительной мере зависят от конструкции обделки тоннеля, вида и параметров нагрузки, а также от глубины заложения тоннеля. Следует заметить, что экспериментальные методы исследования вибрационных процессов, возникающих в тоннелях вследствие действия транспортных нагрузок, требуют значительных материальных затрат, а в некоторых случаях их проведение не представляется возможным. В связи с этим, необходимы эффективные методы динамических расчётов конструкций тоннелей, основанные на математических моделях с

использованием современных представлений механики.

Постановка задачи. При использовании для исследований модельного подхода транспортный тоннель мелкого заложения можно представить, как расположенную в линейноупругом, однородном и изотропном полупространстве (массиве) бесконечно длинную круговую цилиндрическую трехслойную оболочку, внутренним слоем которой является толстостенная оболочка (заполнитель), а внешние слои (обшивки) представляют собой тонкостенные оболочки с радиусами срединных поверхностей R_1 , R_2 и толщинами h_{01} , h_{02} (рисунок 1).

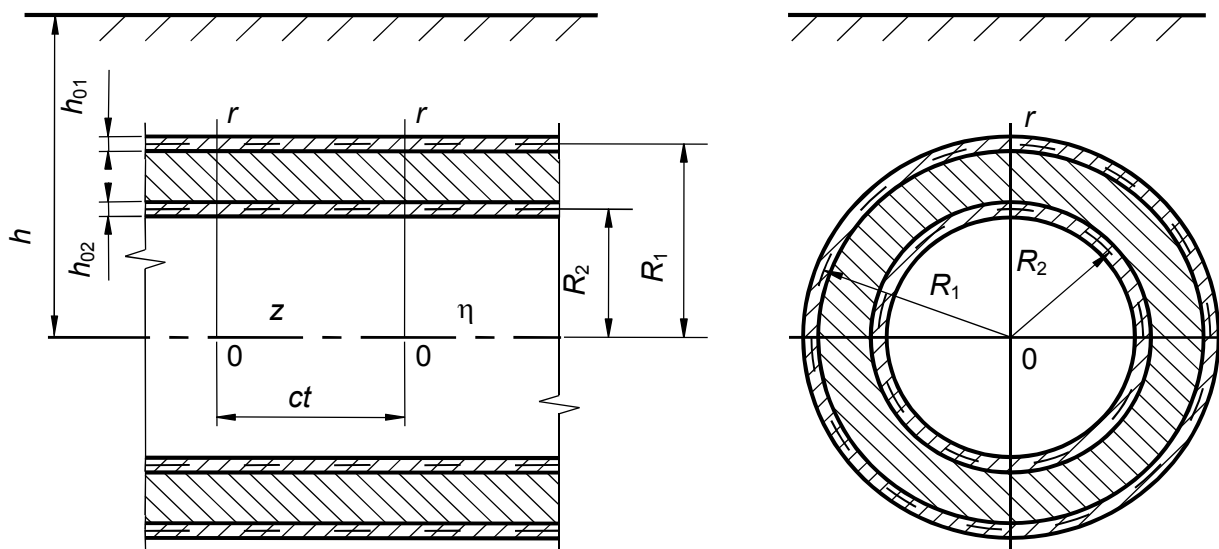


Рисунок 1 – Трёхслойная оболочка в упругом полупространстве
Figure 1 – Three-layer shell in elastic half-space

В силу малости толщины составляющих обшивку слоев допускается, что они контактируют с заполнителем и окружающим массивом вдоль срединных поверхностей. При этом контакт между оболочкой и массивом полагается либо жестким, либо скользящим при двусторонней связи в радиальном направлении. Контакт между слоями оболочки полагается жёстким. Плоская

граница полупространства свободна от нагрузок.

По внутренней поверхности оболочки в направлении ее оси z с постоянной скоростью c движется нагрузка интенсивностью P , вид которой не меняется с течением времени (стационарная нагрузка). Скорость движения нагрузки принимается дозвуковой, т. е. меньше скоростей

распространения волн сдвига в заполнителе и массиве. Физико-механические свойства массива и заполнителя характеризуются соответственно следующими постоянными: $\nu_1, \mu_1, \rho_1; \nu_2, \mu_2, \rho_2$, где ν_k – коэффициент Пуассона, μ_k – модуль сдвига, ρ_k – плотность ($k = 1, 2$). В

дальнейшем индекс $k = 1$ относится к массиву, а $k = 2$ – к заполнителю.

Для описания движения массива и заполнителя используются динамические уравнения теории упругости в связанной с нагрузкой подвижной системой координат $(r, \theta, \eta = z - ct)$ [1]

$$(M_{pk}^{-2} - M_{sk}^{-2}) \text{graddiv} \mathbf{u}_k + M_{sk}^{-2} \nabla^2 \mathbf{u}_k = \partial^2 \mathbf{u}_k / \partial \eta^2, \quad k=1, 2, \quad (1)$$

где $M_{pk} = c / c_{pk}$, $M_{sk} = c / c_{sk}$ – числа Маха; $c_{pk} = \sqrt{(\lambda_k + 2\mu_k) / \rho_k}$, $c_{sk} = \sqrt{\mu_k / \rho_k}$ – скорости распространения волн расширения-сжатия и сдвига в массиве и заполнителе, $\lambda_k = 2\mu_k \nu_k / (1 - 2\nu_k)$; \mathbf{u}_k –

векторы смещений точек массива и заполнителя, ∇^2 – оператор Лапласа.

Колебания слоев обшивки описываются классическими уравнениями теории тонких оболочек в подвижной системе координат [1-3]

$$\begin{aligned} & \left[1 - \frac{(1 - \nu_{0k}) \rho_{0k} c^2}{2\mu_{0k}} \right] \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1 - \nu_{0k}}{2R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \eta} = \\ & \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{\eta k} - q_{\eta R_k}), \\ & \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{(1 - \nu_{0k})}{2} \left(1 - \frac{\rho_{0k} c^2}{\mu_{0k}} \right) \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \theta} = \\ & \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{\theta k} - q_{\theta R_k}), \\ & \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0\eta k}}{\partial \eta} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0\theta k}}{\partial \theta} + \frac{h_{0k}^2}{12} \nabla^2 \nabla^2 u_{0rk} + \frac{(1 - \nu_{0k}) \rho_{0k} c^2}{2\mu_{0k}} \frac{\partial^2 u_{0rk}}{\partial \eta^2} + \frac{u_{0rk}}{R_k^2} = \\ & - \frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{rk} - q_{rR_k}). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь для наружного слоя обшивки $k = 1$, для внутреннего – $k = 2$; $\nu_{0k}, \mu_{0k}, \rho_{0k}$ – соответственно коэффициент Пуассона, модуль сдвига и плотность материалов слоев обшивки; $u_{0\eta k}, u_{0\theta k}, u_{0rk}$ – перемещения точек срединных поверхностей слоев обшивки; $q_{jR_2} = \sigma_{rj2}|_{r=R_2}, q_{j1} = \sigma_{rj2}|_{r=R_1}, q_{jR_1} = \sigma_{rj1}|_{r=R_1}$ – составляющие реакции заполнителя и массива, $j = \eta, \theta, r$ (при скользящем контакте оболочки с массивом $q_{\eta R_1} = q_{\theta R_1} = 0$); $\sigma_{rj1}, \sigma_{rj2}$ – компоненты

тензоров напряжений в массиве и заполнителе, $q_{j2} = P_j(\theta, \eta), P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности подвижной нагрузки $P(\theta, \eta), j = \eta, \theta, r$.

Так как граница полупространства свободна от нагрузок, то, при $x = h$

$$\sigma_{xx1} = \sigma_{xy1} = \sigma_{x\eta1} = 0 \quad (3)$$

При различных контактных условиях оболочки с массивом граничные условия имеют вид:

- для скользящего контакта оболочки с массивом

$$\begin{aligned} \text{при } r = R_1 \quad u_{r1} = u_{r2}, \quad u_{j2} = u_{0j1}, \\ \sigma_{r\eta 1} = 0, \quad \sigma_{r\theta 1} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

при $r = R_2 \quad u_{j2} = u_{0j2}, \quad j = r, \theta, \eta;$

- для жёсткого контакта оболочки с массивом

$$\mathbf{u}_k = \text{grad } \varphi_{1k} + \text{rot}(\varphi_{2k} \mathbf{e}_\eta) + \text{rot rot}(\varphi_{3k} \mathbf{e}_\eta), \quad k = 1, 2, \quad (6)$$

которые, как следует из (1) и (6), удовлетворяют уравнениям

$$\nabla^2 \varphi_{jk} = M_{jk}^2 \partial^2 \varphi_{jk} / \partial \eta^2, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2 \quad (7)$$

где $M_{1k} = M_{pk}, M_{2k} = M_{3k} = M_{sk}$.

Через эти же потенциалы, используя (6) и закон Гука, можно выразить компоненты тензоров напряжений σ_{lmk} в массиве ($k = 1$) и заполнителе ($k = 2$) в цилиндрической ($l, m = r, \theta, \eta$) системе координат, а также σ_{lm1} в декартовой ($l, m = x, y, \eta$) системе координат.

$$P(\theta, \eta) = p(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad p(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \quad (8)$$

$$P_j(\theta, \eta) = p_j(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta,$$

где константа ξ определяет период $T = 2\pi / \xi$ действующей нагрузки.

В установившемся состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (8), поэтому

$$\varphi_{jk}(r, \theta, \eta) = \Phi_{jk}(r, \theta) e^{i\xi\eta}, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2 \quad (9)$$

$$u_{0jk}(\theta, \eta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u_{0nj} e^{in\theta} e^{i\xi\eta}, \quad j = r, \theta, \eta, \quad k = 1, 2 \quad (10)$$

Из (7) и (9) следует, что

$$\nabla_2^2 \Phi_{jk} - m_{jk}^2 \xi^2 \Phi_{jk} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (11)$$

где $m_{jk} = (1 - M_{jk}^2)^{1/2}$, $m_{1k} = m_{pk}$, $m_{2k} = m_{3k} \equiv m_{sk}$, ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа.

при $r = R_1 \quad u_{j1} = u_{j2}, \quad u_{j1} = u_{0j1}$, при $r = R_2 \quad u_{j2} = u_{0j2}, \quad j = r, \theta, \eta,$ (5)

где u_{jk} ($k = 1, 2$) – компоненты векторов \mathbf{u}_k .

Векторы \mathbf{u}_k можно выразить через потенциалы Ламе [1, 4]

Таким образом, для определения компонент напряженно-деформированного состояния (НДС) массива и заполнителя необходимо решить уравнения (7), используя граничные условия (3) и, в зависимости от условия контакта оболочки с массивом, (4) или (5).

Аналитическое решение задачи. Рассмотрим случай действия на оболочку синусоидальной по η подвижной нагрузки с произвольной зависимостью от угловой координаты

Используя (9), можно получить выражения для перемещений u_{lk}^* и

напряжений σ_{lmk}^* ($l, m = r, \theta, \eta$) в массиве ($k = 1$) и заполнителя ($k = 2$), а также u_{l1}^* , σ_{lm1}^* ($l, m = x, y, \eta$) в массиве от синусоидальной нагрузки как функции от Φ_{jk} (* означает, что данные компоненты

найлены при действии на оболочку синусоидальной подвижной нагрузки).

В дозвуковом случае $M_{sk} < 1$ ($m_{sk} > 0, k = 1, 2$), и решения уравнений (11) можно представить в виде [1-4]

$$\Phi_{jk} = \Phi_{jk}^{(1)} + \Phi_{jk}^{(2)}, j = 1, 2, 3, k = 1, 2 \quad (12)$$

где:

- для массива

$$\Phi_{j1}^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_{j1}r) e^{in\theta}, \Phi_{j1}^{(2)} = \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \exp\left(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_{j1}^2}\right) d\zeta; \quad (13)$$

- для заполнителя

$$\Phi_{j2}^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj+3} K_n(k_{j2}r) e^{in\theta}, \Phi_{j2}^{(2)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj+6} I_n(k_{j2}r) e^{in\theta}. \quad (14)$$

Здесь $I_n(k_j r), K_n(k_j r)$ – соответственно модифицированные функции Бесселя и функции Макдональда, $k_{j1} = |m_{j1}\xi|, k_{j2} = |m_{j2}\xi|, j = 1, 2, 3; g_j(\xi, \zeta), a_{n1}, \dots, a_{n9}$ – неизвестные функции и коэффициенты, подлежащие определению.

Как показано в [3, 4], представление потенциалов для полупространства в форме (12) приводит к их следующим выражениям в декартовой системе координат:

$$\Phi_{j1} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + g_j(\xi, \zeta) e^{(x-h)f_j} \right] e^{iy\zeta} d\zeta \quad (15)$$

где $f_j = \sqrt{\zeta^2 + k_{j1}^2}, \Phi_{nj} = [(\zeta + f_j)/k_{j1}]^n, j = 1, 2, 3.$

Воспользуемся переписанными для σ_{xnl}^* ($m = x, y, \eta$) граничными условиями (3), с учетом (15). Выделяя коэффициенты при $e^{iy\zeta}$ и приравнявая, в силу произвольности

y , их нулю, получим систему трех уравнений, из которой выражаем функции $g_j(\xi, \zeta)$ через неизвестные коэффициенты

$a_{n1}, a_{n2}, a_{n3} :$

$$g_j(\xi, \zeta) = \frac{1}{\Delta^*} \sum_{l=1}^3 \Delta_{jl}^* e^{-hf_l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nl} \Phi_{nl} \quad (16)$$

Вид определителя Δ^* и алгебраических дополнений Δ_{jl}^* совпадает с аналогичными определителями для неподкрепленной полости в упругом

полупространстве и определен в [1, 4]. В частности, здесь Δ^* – это определитель Рэлея, который в данном случае имеет вид

$$\Delta^* = (2\rho_*^2 - \beta^2)^2 - 4\rho_*^2 \sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2} \sqrt{\rho_*^2 - \beta^2}, \alpha = M_{p1}\xi, \beta = M_{s1}\xi, \rho_*^2 = \xi^2 + \zeta^2,$$

и не обращается в ноль при любых ζ , если скорость движения нагрузки меньше скорости рэлеевской волны c_R в полупространстве. В противном случае в точках $\zeta = \pm \zeta^* = \pm |\xi| \sqrt{M_R^2 - 1}$, $M_R = c / c_R$

он обращается в ноль, и интегралы в формуле (15) становятся расходящимися.

Пусть $c < c_R$. В этом случае все подынтегральные функции в (13) непрерывны и экспоненциально стремятся к нулю на бесконечности. С учетом (16), формулы (15) имеют вид

$$\Phi_{j1} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + e^{(x-h)f_j} \sum_{l=1}^3 \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta^*} e^{-hf_l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nl} \Phi_{nl} \right] e^{iy\zeta} d\zeta. \quad (17)$$

Следует отметить, что скорость рэлеевской волны c_R несколько ниже (на $5 \div 10\%$) скорости волн сдвига в массиве.

Используя известное при $x < h$ соотношение [3]

$$\exp(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} I_n(k_j r) e^{in\theta} \left[\left(\zeta + \sqrt{\zeta^2 + k_j^2} \right) / k_j \right]^n e^{-h\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}},$$

представим Φ_{j1} (12) в цилиндрической системе координат

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(a_{nj} K_n(k_{j1} r) + I_n(k_{j1} r) \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \Phi_{nj} e^{-hf_j} d\zeta \right) e^{in\theta}$$

Подставляя в последнее выражение из (16) $g_j(\xi, \zeta)$, для $c < c_R$ получим

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (a_{nj} K_n(k_{j1} r) + b_{nj} I_n(k_{j1} r)) e^{in\theta}, \quad (18)$$

где $b_{nj} = \sum_{l=1}^3 \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_{ml} A_{nj}^{ml}$, $A_{nj}^{ml} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta^*} \Phi_{ml} \Phi_{nj} e^{-h(f_l + f_j)} d\zeta$.

где неизвестными будут только коэффициенты a_{nj} .

Подставляя найденные для потенциалов соотношения в выражения для u_{lk}^* и σ_{lmk}^* , получим новые выражения,

Подставляя (10) в (2), для n -го члена разложения получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1k}^2 u_{0m\eta k} + \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0n\theta k} - 2i\nu_{0k} \xi_{0k} u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{m\eta k} - q_{m\eta R_k}), \\ \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0m\eta k} + \varepsilon_{2k}^2 u_{0n\theta k} - 2inu_{0nrk} &= G_{0k} (q_{n\theta k} - q_{n\theta R_k}), \\ 2i\nu_{0k} \xi_{0k} u_{0m\eta k} + 2inu_{0n\theta k} + \varepsilon_{3k}^2 u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{nrk} - q_{nr R_k}), \end{aligned} \quad (19)$$

где $k = 1, 2$; $\varepsilon_{1k}^2 = \alpha_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{2k}^2 = \beta_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{3k}^2 = \gamma_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\xi_{0k} = \xi R_k$,

$\alpha_{0k}^2 = 2\xi_{0k}^2 + \nu_{01k} n^2$, $\beta_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 + 2n^2$, $\gamma_{0k}^2 = \chi_k^2 (\xi_{0k}^2 + n^2)^2 + 2$, $\varepsilon_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 M_{s0k}^2$,

$\nu_{01k} = 1 - \nu_{0k}$, $\nu_{02k} = 1 + \nu_{0k}$, $M_{s0k} = c / c_{s0k}$, $c_{s0k} = \sqrt{\frac{\mu_{0k}}{\rho_{0k}}}$, $\chi_k^2 = \frac{h_{0k}^2}{6R_k^2}$, $G_{0k} = -\frac{\nu_{01k} R_k^2}{\mu_{0k} h_{0k}}$;

$q_{nj1} = (\sigma_{rj2}^*)|_{r=R_1}$, $q_{jR_1} = (\sigma_{rj1}^*)|_{r=R_1}$, $q_{nj2} = P_{nj}(\theta, \eta)$, $q_{jR_2} = (\sigma_{rj2}^*)|_{r=R_2}$, $j = \eta, \theta, r$.

Разрешая (19) относительно $u_{0n\eta k}$, $u_{0n\theta k}$, u_{0nrk} , находим

$$\begin{aligned} u_{0n\eta k} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\eta jk} (q_{\eta jk} - q_{\eta jR_k}), \\ u_{0n\theta k} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\theta jk} (q_{\theta jk} - q_{\theta jR_k}), \\ u_{0nrk} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{rjk} (q_{rjk} - q_{rjR_k}). \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \text{Здесь } \delta_{nk} &= \delta_{|n|k} = (\varepsilon_{1k} \varepsilon_{2k} \varepsilon_{3k})^2 - (\varepsilon_{1k} \xi_1)^2 - (\varepsilon_{2k} \xi_{2k})^2 - (\varepsilon_{3k} \xi_{3k})^2 + 2\xi_1 \xi_{2k} \xi_{3k}, \\ \delta_{\eta 1k} &= (\varepsilon_{2k} \varepsilon_{3k})^2 - \xi_1^2, \quad \delta_{\eta 2k} = \xi_1 \xi_{2k} - \xi_{3k} \varepsilon_{3k}^2, \quad \delta_{\eta 3k} = i(\varepsilon_{2k}^2 \xi_{2k} - \xi_1 \xi_{3k}), \\ \delta_{\theta 1k} &= \delta_{\eta 2k}, \quad \delta_{\theta 2k} = (\varepsilon_{1k} \varepsilon_{3k})^2 - \xi_{2k}^2, \quad \delta_{\theta 3k} = i(\varepsilon_{1k}^2 \xi_1 - \xi_{2k} \xi_{3k}), \\ \delta_{r 1k} &= -\delta_{\eta 3k}, \quad \delta_{r 2k} = -\delta_{\theta 3k}, \quad \delta_{r 3k} = (\varepsilon_{1k} \varepsilon_{2k})^2 - \xi_{3k}^2, \\ \xi_1 &= 2n, \quad \xi_{2k} = 2v_{0k} \xi_{0k}, \quad \xi_{3k} = v_{02k} \xi_{0k} n, \end{aligned}$$

для $q_{\eta jk}$ и $q_{\eta jR_k}$ индекс $j = 1$ соответствует индексу η , $j = 2 - \theta$, $j = 3 - r$.

Для определения коэффициентов a_{n1}, \dots, a_{n9} воспользуемся, в зависимости от условия сопряжения оболочки со средой, переписанными для u_{lk}^* ($l = r, \theta, \eta$) и $\sigma_{r\eta 1}^*$, $\sigma_{r\theta 1}^*$ граничными условиями (4) или (5). Подставляя в граничные условия соответствующие выражения и приравнявая коэффициенты рядов при $e^{in\theta}$, получим бесконечную систему ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) линейных алгебраических уравнений, для решения которой можно использовать метод редукции или более удобный для решения поставленной задачи

метод последовательных отражений [3], позволяющий при каждом последовательном отражении решать систему линейных уравнений блочно-диагонального вида.

Зная решение задачи для синусоидальной нагрузки, реакцию оболочки и окружающей её среды на движущуюся с постоянной скоростью аperiодическую (локальную) нагрузку вида $P(\theta, \xi) = p(\theta)p(\eta)$ (характерного для транспортных средств) можно найти при помощи суперпозиции, используя представление нагрузки и компонент напряженно-деформированного состояния массива и заполнителя в виде интегралов Фурье

$$\begin{aligned} P(\theta, \eta) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P^*(\theta, \xi) e^{i\xi\eta} d\xi = p(\theta)p(\eta) = p(\theta) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p^*(\xi) e^{i\xi\eta} d\xi, \\ P_m(\theta, \eta) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P_m^*(\theta, \xi) e^{i\xi\eta} d\xi = p_m(\theta)p(\eta) = p_m(\theta) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p^*(\xi) e^{i\xi\eta} d\xi, \\ m &= r, \theta, \eta; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} u_{lk}(r, \theta, \eta) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} u_{lk}^*(r, \theta, \xi) p^*(\xi) d\xi, \quad \sigma_{lmk}(r, \theta, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sigma_{lmk}^*(r, \theta, \xi) p^*(\xi) d\xi. \\ l &= r, \theta, \eta, \quad m = r, \theta, \eta, \quad k = 1, 2. \end{aligned}$$

$$\text{Здесь } p^*(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\eta) e^{-i\xi\eta} d\eta.$$

Для вычислений перемещений и напряжений (21) можно использовать любой численный метод интегрирования, если определители $\Delta_n(\xi, c)$ разрешающей системы линейных алгебраических уравнений отличны от нуля, т.е. когда скорость движения нагрузки c меньше её критических скоростей $c_{(n)*}$, которые могут оказаться меньше, чем скорость волны Рэлея в окружающем упругом массиве. Значения $c_{(n)*}$ зависят от числа n и определяются из дисперсионных уравнений $\Delta_n(\xi, c) = 0$ как минимумы

соответствующих этим уравнениям дисперсионных кривых $c \sim \xi$. Причём, минимальная критическая скорость, как показывают расчёты, имеет место при $n = 0$ ($\min c_{(n)*} = c_{(0)*}$) [2].

Выводы. В строгой математической постановке решена задача о действии подвижной нагрузки на трехслойную оболочку в упругом полупространстве. Установлен допустимый диапазон скоростей движения нагрузки. Решение данной задачи рекомендуется использовать для динамического расчета подкрепленных трехслойными обделками тоннелей мелкого заложения при действии транспортных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Украинец В.Н., Гирнис С.Р. Математическое моделирование динамики подкрепленных двухслойными оболочками тоннелей при действии транспортных нагрузок. – Павлодар: Кереку, 2018. – 116 с.
- [2] Alekseyeva L.A., Ukrainets V.N. Dynamics of an elastic half-space with a reinforced cylindrical cavity under moving loads. // International Applied Mechanics. – 2009. – Vol. 45. – № 9. – P. 75-85.
- [3] Украинец В.Н. Динамика тоннелей и трубопроводов мелкого заложения под воздействием подвижных нагрузок. – Павлодар: НИЦ ПГУ, 2006. – 123 с.
- [4] Ержанов Ж.С., Айтиалиев Ш.М., Алексеева Л.А. Динамика тоннелей и подземных трубопроводов. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 240 с.

REFERENCES

- [1] Ukrainets V.N., Girnis S.R. *Matematicheskoe modelirovanie dinamiki podkreplennykh dvuhslojnyimi obolochkami tonnelej pri dejstvii transportnykh nagruzok* [in Russian: Mathematical modeling of the dynamics of tunnels supported by two-layer shells under the action of transport loads]. Pavlodar, Kereku Publ., 2018, 116 p.
- [2] Alekseyeva L.A., Ukrainets V.N. Dynamics of an elastic half-space with a reinforced cylindrical cavity under moving loads // International Applied Mechanics. – 2009. – Vol. 45. – № 9. – P. 75-85.
- [3] Ukrainets V.N. *Dinamika tonnelej i truboprovodov melkogo zalozhenija pod vozdeystviem podviznykh nagruzok* [in Russian: Dynamics of shallow tunnels and underground pipelines under moving loads]. Pavlodar, The scientific publishing center of PSU named after S.Toraigyrov Publ., 2006, 123 p.
- [4] Erzhanov Zh.S., Aitaliev Sh.M., Alekseyeva L.A. *Dinamika tonnelej i podzemnykh truboprovodov* [in Russian: Dynamics of tunnels and underground pipelines]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1989, 240 p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОДКРЕПЛЕННОГО ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБДЕЛКОЙ ТОННЕЛЯ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ

Украинец Виталий Николаевич, д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан, vitnikukr@mail.ru

Отарбаев Жангельды Отарбаевич, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, 2725571@mail.ru

Гирнис Светлана Римонтасовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан, girnis@mail.ru

КӨЛІК ЖҮКТЕМЕСІ ӘСЕР ЕТКЕНДЕ ҮШ ҚАБАТТЫ ҚАПТАМАМЕН КҮШЕЙТІЛГЕН ТАЯЗ КӨМІЛГЕН ТОННЕЛЬДІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

Украинец Виталий Николаевич, т.ғ.д., профессор, С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан, vitnikukr@mail.ru

Отарбаев Жангельды Отарбаевич, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, 2725571@mail.ru

Гирнис Светлана Римонтасовна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан, girnis@mail.ru

Аңдатпа. Серпімді жартылай кеңістікте орналасқан үш қабатты қабықшаға жылжымалы жүктемесінің әрекеті туралы есебі шешілген. Қабықшаның сыртқы қабаттарының тербелісі жұқа қабықша теориясының классикалық теңдеулермен қарастырылды, ал ішкі қабықшаның қабаты мен жартылай кеңістіктің қозғалысын сипаттау үшін Ламе потенциалдардағы серпімді теорияның динамикалық теңдеулері қолданылды. Бастапқыда айналма бағытта еркін жылжымалы жүктемесі қабықша осі бойынша синусоидалы деп саналады. Тапсырманы шешу үшін айнымалылардың толық бөлінбеу әдісі ұсынылды. Содан кейін алынған шешім мерзімділігі жоқ, бірақ Фурье интегралы түрінде ұсынылған жылжымалы жүктеменің қабықшасына әсері туралы тапсырманы шешу үшін қолданылады. Шешім жүктеме қозғалысының жылдамдығы оның сыни жылдамдығынан аз болған жағдайда алынды. Бұл есеп үш қабат қаптамасымен күшейтілген таяз орналасқан тоннельде көліктің жүктемесі (тоннельдің ішінде жылжымалы көлігінің жүктемесі) әсер еткенде динамикасын математикалық модельдейді.

Түйін сөздер: тоннель, серпімді жартылай кеңістігі, үшқабат қабықша, жылжымалы жүктеме, кернеу-деформациялық күйі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.45-52

INFLUENCE OF AGING AND PLASTIC DEFORMATION ON MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF ALUMINUM ALLOY AD31

Assemgul Uderbayeva, doktor filosofii PhD, Associate Professor, Almaty University of Technology, Almaty, Kazakhstan, toleubek_a@mail.ru;

Gulzira Nurakhmetova, doktor filosofii PhD Assistant Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; nurahmetova52@mail.ru

Aigerim Nauryzbayeva, Assistant, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan; aigerimnauryz@mail.ru

Abstract. At present, aluminum alloys are widely used due to the complex of mechanical, physical, and corrosion properties that are valuable for engineering, high manufacturability, and significant natural reserves of aluminum. Improving the complex properties of industrial aluminum alloys is an urgent task. Aluminum alloys are widely used in everyday life, in construction and architecture, in the automotive industry, in shipbuilding, aviation and space technology. Materials used in modern structures, in addition to high strength characteristics, must have a set of properties such as increased resistance, as well as the ability to maintain these properties in conditions of long-term work under loads. Since it is now difficult to find an industry where aluminum or its alloys are used - from microelectronics to heavy metallurgy. This is due to good mechanical properties, ease, low melting point, which facilitates processing, high external qualities, especially after special processing. Given the physical and chemical properties of aluminum, its inexhaustible amount in the earth's crust, we can say that aluminum is one of the most promising materials of the future. This article is devoted to an experimental study of the effect of aging and plastic deformation on the structure of the deformable aluminum alloy AD31. As it was said at the beginning, it has been known for a long time that aluminum deformable alloys belong to the category of aging. The strength and yield limits of some aluminum alloys are also indicated here. The dependence of the average grain size of samples made of AD31 alloy at a temperature of 490 °C for compression tests based on the amount of plastic deformation is established from the research results. Here it is shown and proved. it is not possible to form a structure with a particularly fine grain (less than 10 microns) during hot plastic deformation.

Keywords: aluminum, deformation, aging, tensile strength, yield strength, tensile

УДК 621.771.237.02

А.Е. Удербаета¹, К.К. Нурахметова², А.А. Наурызбаева³

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД31

Аннотация. В наше время алюминий и его сплавы широко используются, благодаря основным свойствам алюминия, таким как механические, физические, коррозионные и технологические. Также наша земная кора значительно богата природными запасами алюминия. В общем, получение промышленных алюминиевых сплавов с повышенными комплексами свойств является актуальной задачей. В свою очередь, сплавы алюминия также применяются в народном хозяйстве, в строительстве, архитектуре, в автомобиле- и машиностроении, в судо-, авиа- и космической технике. Разные открытия в промышленности в любом государстве тесно связаны с научными достижениями в сфере технологий конструкционных материалов и сплавов. Все материалы, которые используются в конструкциях для строительства, кроме высоких, прочностных характеристик, должны обладать такими свойствами, как повышенная стойкость, а также способность сохранения эти свойств при длительной работе с нагрузками. Сейчас трудно найти отрасль, где бы не использовался алюминий или его сплавы - от электротехники до тяжёлого машиностроения. Это говорит о том, что алюминий обладает такими лучшими механическими свойствами, как легкий вес, низкая температура плавления, это несмотря на такие внешне высокие характеристики, облегчающие обработку после специальной обработки. Если учитывать все лучшие характеристики алюминия, можно сказать, что алюминий – есть материал будущего. В данной статье поднимается проблема влияния процесса старения и пластической деформации на структуру алюминиевого деформируемого сплава АД31. Алюминиевые сплавы относятся к категории стареющих сплавов. Здесь же указаны некоторые значения алюминиевых сплавов как ($\sigma_{0,2}$) предел прочности и (σ_T) предел текучести. Из результатов опыта стало известно, что при температуре 490 °С при испытании на сжатие из сплава АД31, автор статьи установил зависимости среднего размера зерна от величины деформации пластической. Здесь же показано и доказано, что горячая пластическая деформация не дает возможности для формирования структуры с мелким зерном - это около или (меньше 10 мкм).

Ключевые слова: алюминий, деформация, старение, предел прочности, предел текучести, растяжение.

Из источников литературы известно, что алюминий и алюминиевые сплавы, после сталей и их сплавов, занимают 2-е место. Сплавы алюминия немаловажное значение имеют при использовании их в разнообразных областях: машино-, авиа-, электро-, крио-технике. Алюминий и его сплавы используют в виде конструкционного материала в атомных реакторах, также из

них производят чехлы и иные детали, узлы. Кроме того, их используют на производстве в виде конструкции перекрытий, так как они легче, чем стали, но и по прочности не уступают сталям и сплавам. Если, например, для алюминиевого сплава Д16 (предел текучести) $\sigma_{02} = 330$ МПа, то (предел прочности) $\sigma_B = 440$ МПа, а для алюминиевых деформируемых сплавов

В96 – эти показатели будут равны $\sigma_{02} = 720$ МПа, $\sigma_b = 750$ МПа, это можно будет сопоставить с некими марками углеродистых сталей. Из деформируемых алюминиевых сплавов, для разного назначения, производят большие размеры профилей со сложными формами.

Чтобы исследовать процесс старения и пластическую деформацию, мы в этой работе взяли сплав алюминия АД31, который необходим для производства профилей способом прессования (экструзии) на предприятиях города Алматы.

В первоначальный момент данный сплав подвергают всестороннему сжатию или пластическому деформированию. Ссылаясь на данные из литературных источников, можно относить дюралевые сплавы к стареющим материалам. Данный сплав, после того как его отлили, в процессе выдержки в комнате или в цеху, мы установили, что в нем протекают подобные изменения в структуре, которые приводят к повышению прочностных параметров и понижению пластичности. Исследование старения, как процесса,

происходят через изменения таких параметров как σ_{02} (предел текучести). Чтобы анализировать этот процесс после кристаллизации, спустя какое-то время, к примеру для 3-х образцов снимались диаграммы растяжения. Эти показатели показаны на рисунках 1-3.

Получив данные из диаграммы растяжения, можно увидеть, что полученные показатели σ_{02} (предела текучести), σ_b (временного сопротивления) и δ (пластичности) не очень большие. Эти сведения получили после трех, пяти, десяти, пятнадцати, двадцати пяти, сорока, восьмидесяти и ста сорока четырех часов естественного старения. Проведенные опыты продемонстрировали, что после трех часов старения с ростом σ_{02} (предела текучести) увеличивается от 61,5 МПа до 83 МПа, и после ста сорока четырех часов старения σ_b (временное сопротивление) также увеличивается от 119,5 МПа до 138,5 МПа. С ростом прочностных параметров, δ (пластические свойства) падают от 15,6% до 9,1%. На рисунках графики характеризуются в виде прямых линий. Они очень просто обрабатываются.

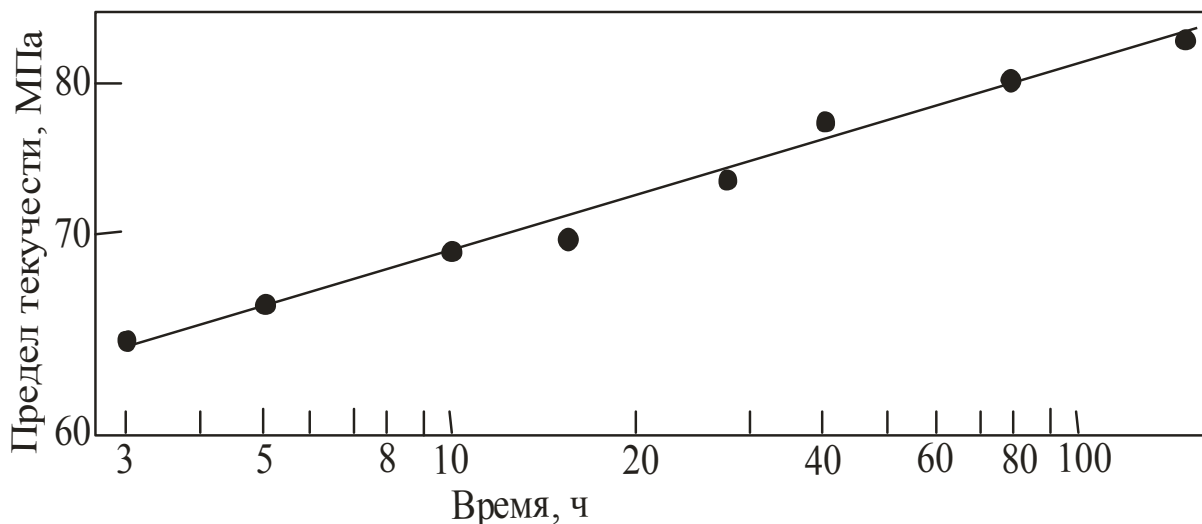


Рис. 1 - Корреляция значения σ_{02} (предела текучести) от времени старения в логарифмических координатах

Fig. 1 – Correlation of σ_{02} (yield strength) versus aging time in logarithmic coordinates

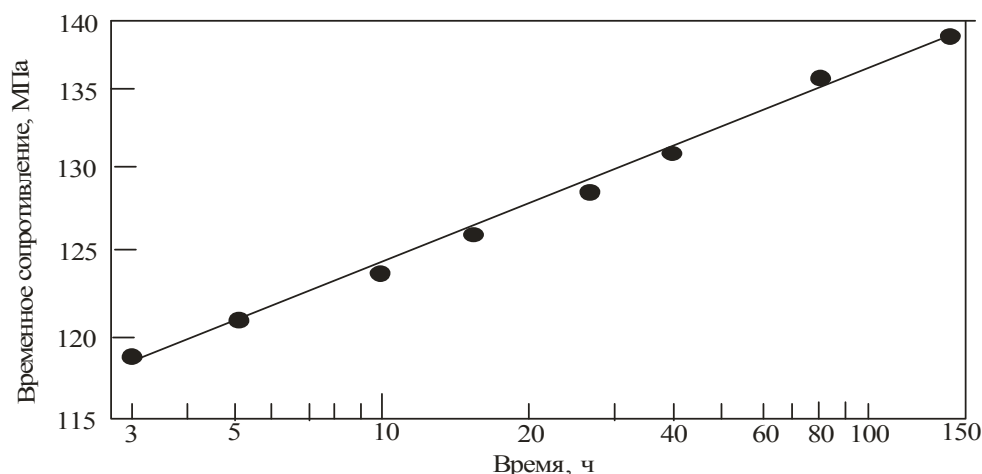


Рис. 2 - Корреляция значения σ_b (временного сопротивления) от времени старения в логарифмических координатах

Fig. 2 – Correlation of σ_b (temporary resistance) value from aging time in logarithmic coordinates

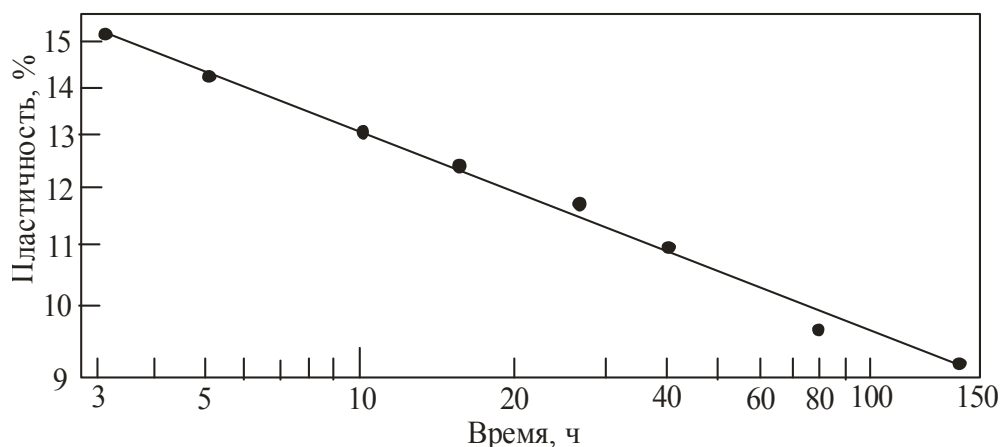


Рис. 3 – Корреляция значения δ (пластичности) от времени старения в логарифмических координатах

Fig. 3 – Correlation of δ (plasticity) versus aging time in logarithmic coordinates

Из представленных 1-3 рисунков можно увидеть, что корреляции значений могут быть охарактеризованы равенствами в индексах степени:

$$\sigma_{0,2} = \alpha \tau^{\varphi} \quad (1)$$

$$\sigma_b = \beta \tau^{\psi} \quad (2)$$

$$\delta = \gamma \tau^q \quad (3)$$

где α, β, γ – показатели, φ, ψ, q – индекс степени.

Рост параметров $\sigma_{0,2}$ и σ_b можно отнести к благоприятному эффекту, если бы в этом случае не отслеживалась потеря δ . Данные параметры при производстве

изделий способом прессования (экструзии) относят к числу наиболее главных.

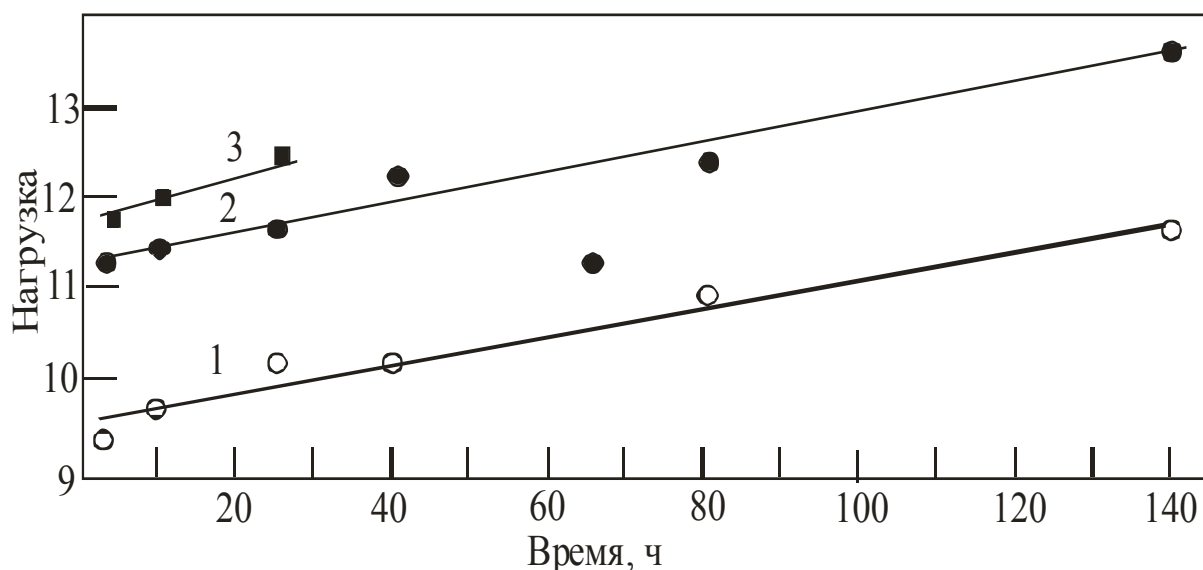
Когда производят испытания на растяжение, промежутки времени отбираются, ориентируясь на эти опытные данные. Все группы образцов и параметры деформационные были взяты схожими: это три процента, семь и десять процентов [1].

По результатам испытаний выстроили графики, они представлены на 4 рисунке. Необходимо отметить высококачественный однообразный вид графиков. На графиках очень наглядно можем увидеть, что с увеличением времени выдержки сопротивление деформированию тоже увеличивается. С

неким течением времени сплав образца АД31 может становиться крепким (прочным) и по данной причине увеличивается его сопротивление деформированию.

Из 4 рисунка можно сделать однозначный вывод, что образец, сделанный из сплава АД31, через сорок часов старения сдеформировать его на десять процентов не удастся (3 график). Когда деформация доходит до восьми процентов на образце возникают

трещинки, потом данный образец разрушается. Сопоставляя 1, 2 и 3 графики на 4 рисунке мы делаем вывод, о том, что с ростом подходящей нам величины деформирования, вырастает и сила (нагрузка). По иному говоря, можно сообщить о том, что деформация чрезмерно большая, она нуждается в приложении очень большой силы (нагрузки). Предпосылкой этого, вероятнее всего, может быть упрочнение деформационное.



1 – деформирование на 3%, 2 – деформирование на 7%, 3 – деформирование на 10%.

Рис. 4 – При испытании на сжатие в процессе старения сопротивляемость сплава к деформациям 1 - deformation by 3%, 2 - deformation by 7%, 3 - deformation by 10%.

Fig. 4 - When tested for compression during aging, the resistance to deformation of the alloy

Упрочнение деформационное таких сплавов было тщательно изучено в исследуемой работе. В практической деятельности при формировании структуры с подходящими нам качествами основное место занимает подготовительная механо-, термо-, термомехано- обработка [3].

Деформирующие сплавы перед подготовкой слитков к обработке подвергают экструзии либо подсаживают слитки в пресс-контейнер, эти все операции приводят к изменениям механических параметров. В конечном итоге, проведения всех этих операций в начальной структуре слитка подвержены

изменениям, в которых крупные литые зерна превращаются в более маленькую литую структуру [4]. В этой ситуации перед деформацией через матрицу заготовку осаживают. Поэтому, нам требуется обнаружить их воздействие на структурные изменения сплава алюминия.

Различные исследования по воздействию степени деформации сжатия на механические характеристики, которые осуществлялись при температурах двадцать, двести пятьдесят и четыреста восемьдесят градусов подняли злободневный вопрос. Как только провели механические опыты, образцы зрительно осматривались, чтобы узнать, в каком виде

находится материал. Данный контроль продемонстрировал, что, если при температуре двадцать градусов деформация равна 16,5%, то на поверхности контакта образца с прессом выявляется сетка, которая демонстрирует возникновение трещин. Когда образец был под большими деформациями, он весь разрушался. А при температуре двести пятьдесят градусов, после деформации в 16,5% сетка маленьких трещинок не обнаруживалась, а когда деформация была равна 19,2%, образец разрушался. При температуре четыреста восемьдесят градусов появлялась другая картина. Вообще, под воздействием деформации, которая была равна 19,2%, сетка трещинок появлялась, но образец не разрушился даже после деформации 22,5%. Вот на таких степенях деформаций, как демонстрирует металлографический анализ, зеренная структура не меняется так, чтобы было бы можно утверждать о значимости воздействия на механические параметры. Поэтому возникла проблема об увеличении параметров сплава АД31. В данном случае была изготовлена проба с условием изменения химического состава сплава при помощи переплавки. Данные химического состава сплава АД31, которые были взяты из прутковой заготовки, изготовленной на производстве, выявили такое содержание основных элементов: Fe - 0,42... 0,43% (0,5%), Si - 0,58... 0,67% (0,3-0,7%), Mg - 0,44... 0,54% (0,4-0,9%). Тут в скобках, представлено приемлемое содержание основных элементов. Здесь можно предположить о том, что содержание 3-х основных элементов находятся на грани допустимого. Из данных о сплаве АД31, нахождения Fe (железа) и Si (кремния), мы можем судить о наличии тройного хим. соединения Al – Fe – Si. Данная фаза устанавливается по границам зёрен, приводящее к упрочнению материала и потере пластичности. Из этого исходит необходимость принятия решения о понижении состава основных элементов до нижнего допустимого значения. В

виду этого, в расплав, который был изготовлен на производстве, был добавлен алюминий (Al 99,99%) чистый. После кристаллизации проведен был повторно микроструктурный анализ, который показал следующие составы химических элементов: Fe - 0,32%, Si - 0,34%, Mg - 0,4%. При температуре четыреста девяносто градусов для сплава АД31 диаграмма растяжения указывает, что δ (пластичность) становится ниже 50%. Из опытного образца для исследований на сжатие и для анализа микроструктуры была сделана группа опытных образцов. Отсюда получены такие сведения, что с ростом деформации сжатия средний размер зерен изменяется. Данные исследований представлены на 5 рисунке. Анализ пяти партий образцов демонстрирует, что структура для сплава АД31 чрезвычайно чувствительна к деформациям. В начальном (когда образец еще недеформированный) состоянии средний размер зерен равен был 23 мкм. При деформации до 26,2% зёрна уменьшались до 10,6 мкм, т.е. в четыре раза. И при всем этом, предстоящее повышение деформации приводит к росту среднего размера зерен. Это представлено в графике 5 рисунка. Кроме того, он также построен в обычных координатах.

Из 5 рисунка представлено, что графики корреляции размеров зерен от значений деформаций сжатия постоянный, и имеет зоны зерен с размерами ~ 10-11 мкм, что позволяет обозначить две зоны: зона сравнительно небольших зёрен, это размер зерна до 11 мкм (I) и зона больших зёрен (II). В I зоне деформация размельчает зёрна, а в II зоне происходит другая картина. Корреляции в зонах небольших малых зёрен, можно допустить о существующем влиянии деформаций на микроанализ структуры сплава АД31. Предпосылкой этого действия могла быть динамическая рекристаллизация. О процессе рекристаллизации подробно описано в работе [5], в ней, например, исследовав горячедеформированный сплав АК4-1, представлена вероятность

протекания этого процесса. О такой деформирования (это 490 ± 5 °С, или 0,8 от гипотезе может свидетельствовать температуры плавления). довольно повышенная температура

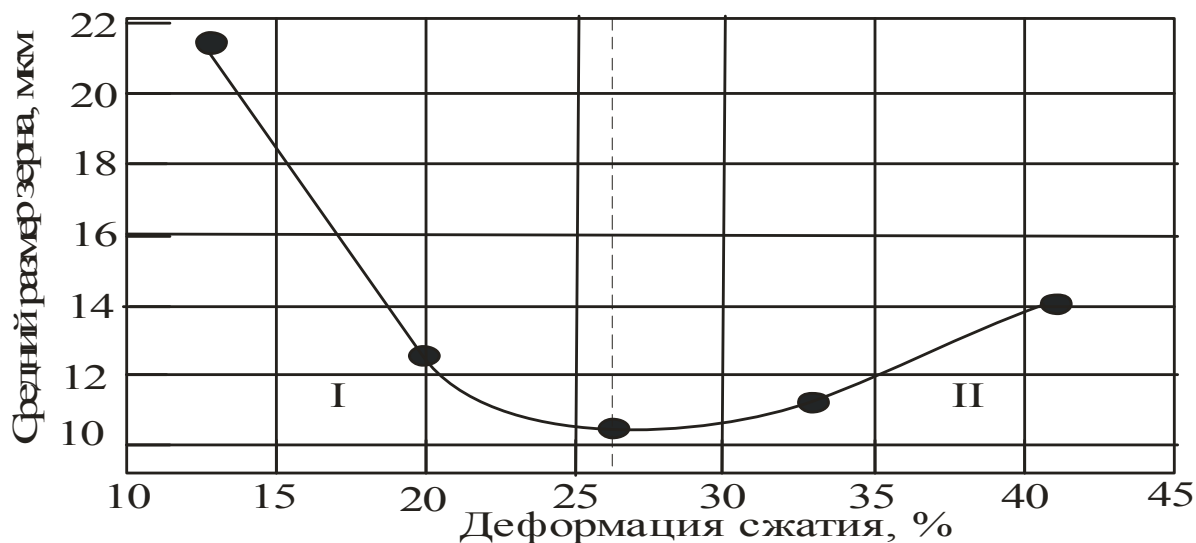


Рис. 5 – Корреляция средних размеров зёрен образца от величины деформации сжатия. Опытная температура 490 °С

Fig. 5 - Correlation of the average grain size of the sample from the magnitude of compression deformation. Experimental temperature 490 °С

Выводы. Приобретенные показатели свидетельствуют о принципиальной для практических целей значимости:
- при горячепластической деформации сформировать структуру с маленькими зёрнами больше или существенно меньше 10 мкм недопустимо;

- и в связи с этим, для получения структуры с мелким зерном, которая характеризуется небольшими параметрами предела текучести и большой величиной деформации пластической, необходимо искать возможности снижения температуры осадки и режимов деформирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Удербаета А.Е., Машеков С.А., Чумаков Е.В. «Экспериментальное исследование процессов старения и деформационного упрочнения деформируемого алюминиевого сплава АД31» Одиннадцатая Международная научно-техническая конференция «Новое в безопасности жизнедеятельности.- Алматы: КазНТУ, 2009.-Т.1.- С.109-110
- [2] Удербаета А.Е. Деформационное упрочнение алюминиевого сплава АД 31 при обработке давлением. Вестник. Национальной академии наук Республики Казахстан - Алматы, №4, 2010. – С. 66-6
- [3] Фридляндер И.Н. Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы.- М.: Металлургия, 1979. - 208 с.
- [4] Боргоянов М.П., Ерманок М.З., Кадышева Г.И., Кокоулин В.Г. Влияние предварительной деформации слитков сплава АМгб на скорость прессования//Техн. легких сплавов.1983.№4
- [5] Вайнблат Ю.М., Клепачевская С.Ю., Ланцман П.Ш. Диаграммы структурных состояний и рекристаллизации горячедеформированного сплава АК4-1// Физика металлов и металловедение. 1977, т.44. выпуск 4.
- [6] Есырев П.Г., Чумаков Е.В., Сыздыкбеков Н.Т., Удербаета А., Репасси Д., Гусейнов С.А., Ким С.М., Пономарев В.Г., Шитов В.В., Сидорова Р.М. Алюминий и его сплавы, Исследования деформируемого алюминиевого сплава АД31 на базе производства консорциума «АЛПРОФ»//Алматы, 2010.-110 с.

REFERENCES

- [1] Uderbayeva A. E., Mashekov S. A., Chumakov E. V. "Experimental investigation of aging processes and deformation hardening of deformable aluminum alloy AD31" Eleventh international scientific and technical conference " New in life safety.- Almaty: KazNTU, 2009.- Т. I.-Pp. 109-110
- [2] A.E. Uderbayeva, Deformation hardening of ad 31 aluminum alloy under pressure treatment. Bulletin. National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Almaty, no. 4 2010-P. 66-6 [3] Friedlender I.N. Aluminum wrought structural alloys. M.: Metallurgy, 1979, 208 p.
- [3] Borgoyanov MP, Yermanok M.Z., Kadyshava G.I., Kokoulin V.G. The effect of preliminary deformation of AMg6 alloy ingots on the pressing speed //Tehn. Light alloys. 1983.№4
- [4] Yu.M. Weinblat, S.Yu. Klepachavskaya, P.Sh. Lantsman. Diagrams of structural states and recrystallization of a hot-deformed alloy AK4-1 //Physics of metals and metal science. 1977, vol. 44. issue 4.
- [5] Esyrev P.G., [Chumakov E.V.] Syzdykbekov N.T., Uderbaeva A., Repassi D., Guseinov S.A., Kim S.M., Ponomarev V.G., Shitov V. V., Sidorova R.M. Aluminum and its alloys, Studies of the wrought aluminum alloy AD31 based on the production of the ALPROF consortium. // Almaty, 2010.-110 p.

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД31

Удербаева Асемгуль Еркинбековна – доктор философии PhD, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, toleubek_a@mail.ru

Нурахметова Кульзира Кумаровна, ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, nurahmetova52@mail.ru

Наурызбаева Айгерим Алдабергенқызы – ассистент, Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, aigerimnauryz@mail.ru

ЕСКІРУДІҢ ЖӘНЕ ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯҒА АЛЮМИНИЙ ҚОРЫТПАСЫ АД31-дің МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ

Удербаева Асемгуль Еркинбековна – PhD философия докторы, қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, toleubek_a@mail.ru

Нурахметова Кульзира Кумаровна - ассистент профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, nurahmetova52@mail.ru

Наурызбаева Айгерим Алдабергенқызы – ассистент, Қазақ ұлттық аграрлық университет, Алматы қ., Қазақстан, aigerimnauryz@mail.ru

Аңдатпа. Қазіргі уақытта алюминий қорытпалары техника үшін құнды механикалық, физикалық, коррозиялық қасиеттерінің, жоғары технологиялық қасиеттерінің арқасында, сондай-ақ алюминийдің елеулі табиғи қорларының арқасында кеңінен қолданылды. Өнеркәсіптік алюминий қорытпалары қасиеттерінің кешенін арттыру өзекті міндет болып табылады. Алюминий қорытпалары тұрмыста, құрылыста және архитектурада, автомобиль жасауда, кеме жасауда, авиациялық және ғарыштық техникада кеңінен қолданылады. Дамыған мемлекеттегі өнеркәсіптің кез келген жетістіктері конструкциялық материалдар мен қорытпалар технологиясына байланысты жетістіктері болып келеді. Қазіргі заманғы конструкцияларда қолданылатын материалдар жоғары беріктік сипаттамалардан басқа, жоғары беріктік сияқты қасиеттер кешеніне ие болуы тиіс, сондай-ақ жүктемелермен ұзақ жұмыс істеу жағдайында осы қасиеттерді сақтау қабілеті. Қазір алюминий немесе оның қорытпалары-микроэлектроникадан ауыр металлургияға дейін қай жерде пайдаланылса да, өнеркәсіп саласын табу қиын. Бұл жақсы механикалық қасиеттермен, жеңілдіктермен, балкудың аз температурасымен байланысты, бұл өндеуді жеңілдетеді, әсіресе арнайы өндеуден кейін жоғары сыртқы сапалармен. Алюминийдің физикалық және химиялық қасиеттерін ескере отырып, оның жер қыртысындағы сарқылмайтын мөлшері алюминий - болашақтың ең перспективті материалдарының бірі деп айтуға болады. Бұл мақала тозудың және пластикалық деформация процесінің АД31 алюминий қорытпасының құрылымына әсерін эксперименталды зерттеуге арналған. Бастапқыда айтылғандай, алюминий Деформацияланатын қорытпалар ескіретін санатыларына жататыны белгілі. Мұнда кейбір алюминий қорытпаларының беріктілік шегі мен ағымдылық шегі көрсетілген. Зерттеу нәтижелеріне 490 0С температурада АД31 қорытпасынан жасалған үлгілер дәнінің орташа мөлшеріне тәуелділігі пластикалық деформация шамасына қарай сығуға сынау белгіленді. Бұл жерде көрсетілген және дәлелденген ыстық пластикалық деформация.

Түйін сөздер: алюминий, деформация, ескіру, беріктік шегі, аққыштық шегі, созу.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЯ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.53-60

HYGIENIC ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS BASED ON THE INTENSITY OF THE LABOR PROCESS OF UNIVERSITY TEACHERS

Zalcman Mikhail Davidovich, doctor of technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of transport and communications. Named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, m_zaltcman@mail.ru

Kurmashev Baurzhan Bekbolatovich, teaching assistant of the Kazakh Academy of transport and communications named. Named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, b_kurmashev@mail.ru

Abstract. The assessment of the labor intensity of a professional group of employees is based on the analysis of their work activity and its structure, which are studied by time-keeping observations in the dynamics of the entire working day, for at least one week. The analysis is based on taking into account all the factors (stimuli) that create the prerequisites for the occurrence of adverse nervous and emotional overstrain in 22 indicators. All indicators of the labor process have a qualitative or quantitative assessment and are grouped by types of loads: intellectual, sensory, emotional, monotonous, regime. If the nature or characteristics of the professional activity of any indicator is not presented, then this indicator is put 1 class (optimal) - labor intensity of a light degree [1].

Until the present, the assessment of working conditions on the intensity of the labor process at the Department of "Life safety and ecology" of QazATK was carried out during certification at the workplaces of branches "KTZ — Freight transportation" JSC [2]. However, the experience of teaching at the University (more over than thirty years) allows for a similar assessment of the work of teaching staff (PPS).

Class of working conditions for teaching staff, conducting all types of classes and involved in scientific - pedagogical, methodical and educational work, was determined for each of the 22 indicators based on R 2.2.755-99 "Hygienic criteria for assessment and classification of labor conditions by indexes of hazards and danger of environment factors, severity and intensity of the work process" [1].

Keywords: the intensity of the labor process, hygienic criteria for evaluating and classifying working conditions, indicators of intellectual, emotional and sensory loads, monotony and work mode.

УДК 658.382.3:656

М.Д. Зальцман¹, Б.Б. Курмашев¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПО НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗОВ

Аннотация. Гигиеническая оценка напряженности трудового процесса профессорско – преподавательского состава показывает, что окончательную оценку - труд напряженный 1 степени (3.1) обуславливают показатели интеллектуальных и сенсорных нагрузок, а эмоциональные нагрузки, их монотонность и режим работы соответствуют в основном оптимальным условиям труда. Определять класс условий труда для профессорско - преподавательского состава, проводящего все виды аудиторных занятий и занимающегося научно- педагогической, учебно-методической и воспитательной работой, по каждому из 22 показателей на основании Р 2.2.755-99 [1].

Ключевые слова: напряженность трудового процесса, гигиенические критерии оценки и классификации условий труда, показатели интеллектуальных, эмоциональных и сенсорных нагрузок, монотонность и режим работы.

Напряженность труда - это процесса, отражающая нагрузку на важнейшую характеристику трудового центральную нервную систему, органы

чувств и эмоциональную сферу преподавателя. Напряженность трудового процесса оценивается на основании Руководства Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» [1].

Анализ напряженности труда профессиональной группы работников основан на учете основных факторов, создающих условия для проявления неблагоприятных нервно-эмоциональных нагрузок по 22 показателям, которые имеют качественную или количественную оценку и объединены в следующие подгруппы: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные. Если по специфике профдеятельности или должностным инструкциям какой-либо показатель не представлен (например, отсутствует время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены), то по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный) - минимальная напряженность труда.

Исходя из санитарно-гигиенических критериев, условия трудового процесса разделены на 4 класса. 1 класс - оптимальные условия труда: здоровью преподавателя ни чего не угрожает и достигается максимальная производительность. 2 класс - допустимые (безопасные) условия труда: минимальная напряженность трудового процесса, вероятные колебания функционального состояния организма не вызывают неблагоприятных последствий. 3 класс - вредные условия труда: превышение санитарно-гигиенических норм, негативное действие на организм преподавателя и/или его потомство. По степени тяжести последующих изменений в организме 3 класс подразделяются на 4 степени:

1 степень 3 класса (3.1) - функциональные изменения, восстанавливаются только при длительном отдыхе (большем чем к началу

следующего рабочего дня), существует риск ухудшения здоровья;

2 степень 3 класса (3.2) - стойкие функциональные изменения, обуславливающие профессиональные заболевания с временной утратой трудоспособности после продолжительного воздействия (трудовой стаж более 15 лет);

3 степень 3 класса (3.3) - развитие профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности);

4 степень 3 класса (3.4) - тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), рост числа хронических болезней с временной утратой трудоспособности.

4 класс - опасные (экстремальные) условия труда: воздействие производственных факторов в течение рабочего дня обуславливает угрозу для жизнедеятельности, максимальный риск развития острых профессиональных поражений тяжелых форм.

До настоящего времени оценка условий труда по напряженности трудового процесса на кафедре «БЖД и экология» КазАТК проводилась только при аттестации рабочих мест филиалов АО «НК «КТЖ» [2]. Однако, опыт преподавательской работы в ВУЗе (более тридцати лет) позволяет провести аналогичную оценку труда профессорско - преподавательского состава (ППС).

Рассмотрим, как определялся класс условий труда для профессорско - преподавательского состава, проводящего все виды аудиторных занятий и занимающегося научно- педагогической, учебно-методической и воспитательной работой, по каждому из 22 показателей на основании Р 2.2.755-99 [1].

Первая группа «Интеллектуальные нагрузки» - 4 показателя:

1 - "Содержание работы" указывает на степень сложности выполнения задания: от решения простых задач до творческой (эвристической) деятельности с решением сложных заданий при отсутствии

алгоритма. Чтение лекций и проведение практических занятий требует от преподавателя больших затрат энергии (более 310 Дж/с) и творческого подхода. Для сравнения тяжелая физическая работа, например, монтер пути или монтер контактной сети затрачивает 295 Дж/с. Преподаватель всегда находится в высокой степени нервного напряжения. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 3.2 – «Наиболее сложная по содержанию работа, требующая в той или иной степени эвристической (творческой) деятельности» - чтение лекций.

2 - "Восприятие сигналов (информации) и их оценка". Преподаватель при проведении занятий ежесекундно должен быть готов к анализу вопросов и другой информации, поступающей от аудитории. Время на принятие решения по управлению аудиторией и правильного ответа на вопрос весьма ограничено. Кроме того, в должностные обязанности преподавателя входит проверка курсовых работ, практических расчетов, защита лабораторных или расчетно-графических работ (РГР), требующих быстрого восприятия информации с последующей комплексной оценкой всех результатов измерений, расчетов и выводов. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 3.2 – «Трудовая деятельность требует восприятия сигналов с последующей комплексной оценкой всех параметров (информации)» - .

3 - "Распределение функций по степени сложности задания". Преподаватель при подготовке к занятиям должен изучить все имеющиеся по данному вопросу сведения. Разработать методические указания для практических (лабораторных) занятий или самостоятельной работы обучающихся, содержащие необходимые теоретические сведения, методику проведения экспериментальных исследований или практических расчетов, нормативные данные, а также задания для самостоятельной работы обучающихся.

Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 3.2 – «Предварительная подготовительная работа с последующим распределением заданий другим лицам».

4 - "Характер выполняемой работы". Весь запланированный материал занятий необходимо уложить в академический час – 50 минут. В это время необходимо изложить изучаемый материал, организовать работу по выполнению экспериментальных исследований или практических расчетов, оценить результаты и выводы, а также постоянно отвечать на вопросы студентов и провести контрольный опрос. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 3.1 – «Работа выполняется в условиях дефицита времени».

Вторая группа «Сенсорные нагрузки» - 8 показателей):

1 - "Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены)". Преподаватель при проведении занятий обычно не более 25% времени находится в режиме сосредоточенного наблюдения, оценивая работу студентов. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 1 - «Самый низкий уровень этого показателя (1 класс - до 25% от общего времени смены)».

2 – «Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 ч работы». Преподаватель при проведении занятий получает в основном звуковые сигналы от обучающихся. Частота вопросов студентов при правильной организации занятий незначительна. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 1 – «Наименьшее число сигналов и сообщений».

3 – «Число объектов одновременного наблюдения». При проведении занятий преподаватель должен контролировать работу всех присутствующих студентов и дисциплину в аудитории. При проведении лабораторных, практических и

семинарских занятий, а также при проведении самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя, в группе контролируется работа 10-25 человек, а при чтении лекции в лекционном зале до 140 человек. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 3.2.

4 – «Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания (% от времени смены)». Чем меньше размер рассматриваемого предмета (цифровой или буквенной информации и т. п.) и чем продолжительнее время наблюдения, тем выше нагрузка на зрительный анализатор. В качестве основы размеров объекта различения взяты категории зрительных работ из - СНиП РК 2.04-05-2002* «Естественное и искусственное освещение» [3]. При проведении лабораторных, практических и семинарских занятий, а также при проведении самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя, преподаватель должен постоянно оценивать правильность результатов измерений и расчетов, а также выводы и заключения в письменном виде. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 2, так как минимальный размер объекта различия при выполнении работы – толщина линии, проведенной ручкой на листе бумаги – 0,5 мм.

5 – «Работа с оптическими приборами (микроскоп, лупа и т. п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)». При проведении лабораторных, практических и семинарских занятий, а также при проведении самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя и чтении лекции работа с оптическими приборами у ППС практически всегда (исключение составляют лабораторные работы по оптике и биологии) отсутствует, поэтому в соответствии с [1] по данному показателю

ставится 1 класс (оптимальный) - напряженность труда легкой степени.

6 – «Наблюдение за экраном видеотерминала (час в смену)». При подготовке к занятиям преподаватель должен изучить все имеющиеся по данному вопросу электронные материалы. Разработать методические указания для практических (лабораторных) занятий или самостоятельной работы обучающихся, содержащие основные теоретические сведения, методику проведения экспериментальных исследований или практических расчетов, нормативные сведения, а также задания для самостоятельной работы обучающихся (до 50 вариантов). Вся эта работа выполняется на компьютере. Поскольку ППС не работает на компьютере постоянно, можно принять – класс 2 (допустимый).

7 – «Нагрузка на слуховой анализатор». Степень напряжения слухового анализатора определяется по зависимости разборчивости слов в процентах от соотношения между уровнем интенсивности речи и "белого" шума. Преподаватель при проведении занятий получает в основном вопросы от обучающихся. При правильной организации занятий и соблюдении дисциплины в аудитории уровень шума мало влияет на разборчивость слов. Поэтому для ППС наиболее подходит характеристика класса 2, когда уровень речи превышает шум на 10-15 дБА и соответствует разборчивости слов, равной 90-70 %, или слышимости на расстоянии до 3,5 м.

8 – «Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемых в неделю)». Нагрузка на голосовой аппарат зависит от длительности речевых нагрузок. У преподавателей наблюдается продолжительное перенапряжение голоса, без отдыха голосовой деятельности, приводящее к хрипоте, а иногда и потери голоса. Цифровые данные в методике оценки [1] не приводятся, но однозначно

указывается, что ППС работает в условиях класса 3.1.

Третья группа «Эмоциональные нагрузки» - 3 показателя:

1 – «Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки» - показывает меру ответственности за результат собственной деятельности работника. При проведении лабораторных, практических и семинарских занятий, а также при проведении самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя и чтении лекции всегда есть место оговоркам, неточностям и ошибкам. Однако, они, как правило, быстро исправляются и не имеют большого значения. В то же время, ошибки в преподавательской деятельности, то есть педагогические ошибки, не менее значимы, чем конструкторские или технологические, которые могут привести к аварии. Поэтому, с точки зрения эмоционального напряжения этот показатель для ППС мы бы отнесли к классу 2 (допустимый).

2 – «Степень риска для собственной жизни», на наш взгляд, у ППС при проведении учебных занятий отсутствует, поэтому в соответствии с [1] по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный).

3 – «Степень ответственности за безопасность других лиц». Современный учебный процесс (современные лабораторные стенды) не несут угрозы безопасности обучающихся (за исключением времени нахождения на производственной практике), поэтому в соответствии с [1] по данному показателю ставится 1 класс (оптимальный).

Четвертая группа «Монотонность нагрузок» - 4 показателя:

1 – «Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций» - чем меньше число выполняемых приемов, тем выше напряженность труда, обусловленная многократными нагрузками.

2 – «Продолжительность (с) выполнения простых заданий или повторяющихся операций» - чем короче время, тем, соответственно, выше монотонность нагрузок.

3 – «Время активных действий (в % к продолжительности смены)». Наблюдение за ходом процесса обучения не относится к "активным действиям". Чем меньше время выполнения активных действий преподавателя и больше время наблюдения за ходом учебного процесса, тем, соответственно, выше монотонность нагрузок.

4 – «Монотонность обстановки (время пассивного наблюдения за ходом процесса обучения в % от времени смены)» - чем больше время пассивного наблюдения, тем более монотонной является работа. При проведении лабораторных, практических и семинарских занятий, а также при проведении самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя и чтении лекции пассивное наблюдение просто исключено.

Очевидно, что в любой преподавательской деятельности монотонность отсутствует, поэтому в соответствии с [1] по всем 4 показателям ставится 1 класс (оптимальный).

Пятая группа «Режим работы» - 3 показателя:

1 – «Фактическая продолжительность рабочего дня». Фактическая продолжительность рабочего дня ППС с учетом научной, педагогической, учебно-методической и воспитательной работой колеблется от 6-8 ч, поэтому можно принять – класс 2 (допустимый).

2 – «Сменность работы» наблюдается только у преподавателей, ведущих занятия вечером в магистратуре, поэтому для большинства ППС можно принять – класс 1 (оптимальный).

3 – «Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (без обеденного перерыва)». При научной организации труда наличие

регламентированных перерывов на отдых повышает функциональное состояние человека и обеспечивает высокую работоспособность. Малая длительность или отсутствие перерывов усугубляют напряженность труда, так как отсутствует защита временем от воздействия негативных факторов трудового процесса. В связи с этим, наличие регламентированного перерыва после каждого академического часа позволяет отнести данный показатель к классу 1 (оптимальный).

Результаты субъективной оценки условий труда профессорско – преподавательского состава выпускающей кафедры технической специальности по показателям напряженности трудового процесса сведены в таблицу 1.

Далее общая оценка напряженности трудового процесса проводится

следующим образом. Независимо от профессиональной принадлежности (профессии) учитываются все 22 показателя, перечисленные в таблице 1. Не допускается выборочный учет каких-либо отдельно взятых показателей для общей оценки напряженности труда.

Таким образом, по субъективной оценке условий труда профессорско – преподавательского состава выпускающей кафедры технической специальности из 22 показателей, характеризующих напряженность труда, 10 показателей относятся к классу 1 (оптимальному), 6 показателей к классу 2 (допустимому), 2 показателя к 3.1 классу (вредному), 4 показателя к классу 3.2 (вредному), что в соответствии с Р 2.2.755-99 [1] обуславливает окончательную оценку - труд напряженный 1 степени (3.1)

Таблица 1 - Результаты субъективной оценки условий труда профессорско – преподавательского состава выпускающей кафедры технической специальности по показателям напряженности трудового процесса

Table 1 - Results of subjective assessment of working conditions of the faculty of the graduating Department of technical specialty on indicators of the intensity of the labor process

Показатели	Класс условий труда				
	1	2	3.1	3.2	3.3
1. Интеллектуальные нагрузки					
1.1 Содержание работы				+	
1.2 Восприятие сигналов (информации) и их оценка				+	
1.3 Распределение функций по степени сложности задания				+	
1.4 Характер выполняемой работы			+		
2. Сенсорные нагрузки					
2.1 Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены)	+				
2.2 Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 ч работы	+				
2.3 Число объектов одновременного наблюдения				+	
2.4 Размер объекта различения при длительности сосредоточенного внимания (% от времени смены)		+			

2.5 Работа с оптическими приборами (микроскоп, лупа и т. п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)	+				
2.6 Наблюдение за экраном видеотерминала (ч в смену)		+			
2.7 Нагрузка на слуховой анализатор		+			
2.8 Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемых в неделю)			+		
3. Эмоциональные нагрузки					
3.1 Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки		+			
3.2 Степень риска для собственной жизни	+				
3.3 Степень ответственности за безопасность других лиц	+				
4. Монотонность нагрузок					
4.1 Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций	+				
4.2 Продолжительность (с) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций	+				
4.3 Время активных действий (в % к продолжительности смены)	+				
4.4 Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены)	+				
5. Режим работы					
5.1 Фактическая продолжительность рабочего дня		+			
5.2 Сменность работы	+				
5.3 Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (без обеденного перерыва)		+			
Количество показателей в каждом классе	10	6	2	4	
Общая оценка напряженности труда (класс)			3.1		

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Руководство Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса». Рег. номер АДЗ РК № 1.04.001.2000 от 30.11.2000г.
- [2] Зальцман М.Д., Цыганков С.Г. Гигиеническая оценка условий труда по напряженности трудового процесса при аттестации рабочих мест АО «Локомотив» // Вестник КазАТК. – Алматы, 2015. № 2-3. С.20 –27
- [3] СНиП РК 2.04-05-2002* «Естественное и искусственное освещение» 01.03.2003 г.

- [4] Приказ Министра здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 185. Об утверждении правил проведения аттестации производственных объектов по условиям труда.

REFERENCES

- [1] Manual P 2.2.755-99 " Hygienic criteria for assessing and classifying working conditions in terms of harm and danger factors of the production environment, the severity and intensity of the labor process." Reg. number of ADZ RK No. 1.04.001.2000 of 30.11.2000
- [2] Saltzman M. D., Tsygankov S. G. Hygienic assessment of working conditions on the intensity of the labor process in the certification of work places of JSC "locomotive" // Vestnik Kazatk. - Almaty, 2015. No. 2-3. 20 -27 PP.
- [3] SNiP RK 2.04-05-2002* "Natural and artificial lighting" 01.03.2003
- [4] Order of the Minister of health and social development of the Republic of Kazakhstan dated December 28. 2015 No. 1057 on approval of the rules of certification of production facilities on working condition

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПО НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗОВ

Зальцман Михаил Давидович, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, m_zaltzman@mail.ru

Курмашев Бауржан Бекболатович, ассистент-преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, b_kurmashev@mail.ru

ЖОО ОҚЫТУШЫЛАРЫНЫҢ ЕҢБЕК ПРОЦЕСІНІҢ ШИЕЛЕНІСУІ БОЙЫНША ЕҢБЕК ЖАҒДАЙЫН ГИГИЕНАЛЫҚ БАҒАЛАУ

Зальцман Михаил Давидович, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, m_zaltzman@mail.ru

Курмашев Бауржан Бекболатұлы, ассистент-оқытушы, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, b_kurmashev@mail.ru

Андатпа. Профессорлық-оқытушылық құрамның еңбек процесінің қауырттылығын гигиеналық бағалау соңғы баға - 1 дәрежелі кернеулі еңбек (3.1) зияткерлік және сенсорлық жүктемелердің көрсеткіштерін негіздейді, ал эмоциялық жүктемелер, олардың монотондылығы мен жұмыс режимі негізгі оңтайлы еңбек жағдайларына сәйкес келеді. Аудиториялық сабақтардың барлық түрлерін жүргізетін және ғылыми - педагогикалық, оқу - әдістемелік және тәрбие жұмыстарымен айналысатын профессорлық-оқытушылық құрам үшін еңбек жағдайларының класын Р 2.2.755-99 негізінде 22 көрсеткіштердің әрқайсысы бойынша анықтайды.

Түйін сөздер: еңбек процесінің кернеулігі, еңбек жағдайларын бағалау мен жіктеудің гигиеналық критерийлері, интеллектуалдық, эмоциялық және сенсорлық жүктеме көрсеткіштері, монотондылық және жұмыс режимі.

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.61-68

THEORY AND PRACTICE OF ROLLING STOCK FITTING INTO THE ENVELOPE

Janat Musayev, Doctor of technical sciences, Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, zh.musaev@kazatk.kz;

Natalya Ivanovcheva, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; stupchenko_n@mail.ru;

Azhar Darkhanbaeva, undergraduate, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; Amangaliykyzy@gmail.ru.

Abstract. One of the main conditions for the safety of movement of locomotives, wagons and other rolling stock is the prevention of their contact with stationary structures located near the railway track, or with rolling stock located on the adjacent track. In this connection, stationary structures should be located at a certain distance from the track, and the rolling stock should have a limited transverse outline.

In practice, the condition for the safe movement of rolling stock is verified experimentally, that is, by determining the compliance of the rolling stock with the construction outline of the gauge.

The article shows that during acceptance and certification sea trials of rolling stock, it is necessary to make sure that the dynamic reductions of all parts of the tested rolling stock inscribed in the construction outline of the rolling stock do not exceed the reserves laid down in the technical documentation for the vertical dynamics of the crew.

This article discusses the basic requirements of regulatory and technical documentation on compliance with the size of railway rolling stock. The description of the stand for determining the compliance of the rolling stock with the construction outline of the dimension is given. The authors have developed recommendations for the modernization of the stand design under consideration, as well as noted the features of full-scale tests of rolling stock fitting into the gauge. In addition, the article presents a scheme for measuring overall dimensions according to the methodology described in this paper for checking the conformity of overall dimensions to the construction outline and calculating the construction outline.

The results of the studies show that the underutilization of the oversized space leads to a decrease in the width and height of the car body, which reduces the economic efficiency of freight and worsens the comfort of passenger cars. Such an underutilization of the cross-sectional dimensions is characteristic of most of the cars, since when constructing the construction dimension of the rolling stock, the displacement of the third group is set for the cars with the largest run-ups and wear of the running gears and static deflections of the spring suspension. The insufficiency of the oversized space, which is possible when designing a car with even greater normalized wear and tear or a large static deflection of the springs, which was taken into account when constructing this dimension, means the oversized car, which threatens traffic safety, which led to the replacement of the building dimension with an operational one.

Keywords: rolling stock, size, tests, calculation, methodology, stand.

УДК 629.4.012.4

Ж.С. Мусаев¹, Н.В. Ивановцева¹, А.А. Дарханбаева¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ВПИСЫВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ГАБАРИТ

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены основные требования нормативно-технической документации по соблюдению габарита железнодорожного подвижного состава. Приведено описание стенда для определения соответствия подвижного состава строительному очертанию габарита. Авторами разработаны рекомендации по

модернизации рассматриваемой конструкции стенда, а также отмечены особенности натуральных испытаний вписывания подвижного состава в габарит. Кроме того, в статье представлена схема измерения габаритных размеров согласно изложенной в настоящей работе методике по проверке соответствия габаритных размеров строительному очертанию и расчета строительного очертания.

Ключевые слова: подвижной состав, габарит, испытания, расчет, методика, стенд

С целью обеспечения эксплуатационной безопасности подвижного состава, в частности, и работы железнодорожного транспорта в целом, необходимо, чтобы ни одна из частей подвижного состава и погруженного на него груза при движении не имели возможности для соприкосновения со стационарными инфраструктурными сооружениями.

Следует отметить, что расстояние между поперечными сечениями железнодорожного подвижного состава и внутренними размерами инфраструктурных стационарных сооружений не должно быть слишком большим, так как это может привести к неполному использованию размеров существующих инфраструктурных стационарных сооружений и снизить вместимость вагонов и, как следствие, снизить провозную способность и экономические показатели железных дорог [1].

В связи с вышесказанным, обеспечение рационального расстояния между движущимся подвижным составом и стационарными инфраструктурными объектами устанавливают предельный размер приближения строений к оси пути и максимальный размер допускаемого к эксплуатации подвижного состава. Такие предельные контуры называются габаритами и подразделяют на габариты приближения строений и габариты подвижного состава. Габаритом приближения строений железных дорог называется предельное поперечное, перпендикулярное оси пути очертание, внутри которого помимо подвижного

состава не должны заходить никакие части сооружений и устройств, а также лежащие около пути материалы, запасные части и оборудование, за исключением частей устройств, предназначенных для непосредственного взаимодействия с подвижным составом: вагонных замедлителей и подвагонных толкателей в рабочем состоянии, контактных проводов с деталями крепления, хоботов гидравлических колонок при наборе воды и др., при условии, что положение этих устройств во внутригабаритном пространстве связано с частями подвижного состава, с которыми они могут соприкоснуться и что они не могут вызвать соприкосновения с другими элементами подвижного состава.

Габаритом подвижного состава железных дорог называется предельное поперечное перпендикулярное оси пути очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться установленный на прямом горизонтальном пути, как в порожнем, так и в нагруженном состоянии не только новый подвижной состав, но и подвижной состав, имеющий максимальные нормируемые допуски и износы, за исключением бокового наклона на рессорах.

Государственным стандартом "Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм, в качестве габаритов приближения строений и габаритов подвижного состава установлены соответственно габариты С, Сп и Т, Тц, Тпр, 1-Т, 1-ВМ (0-Т), 0-ВМ (01-Т), 02-ВМ (02-Т), 03-ВМ (03-Т).

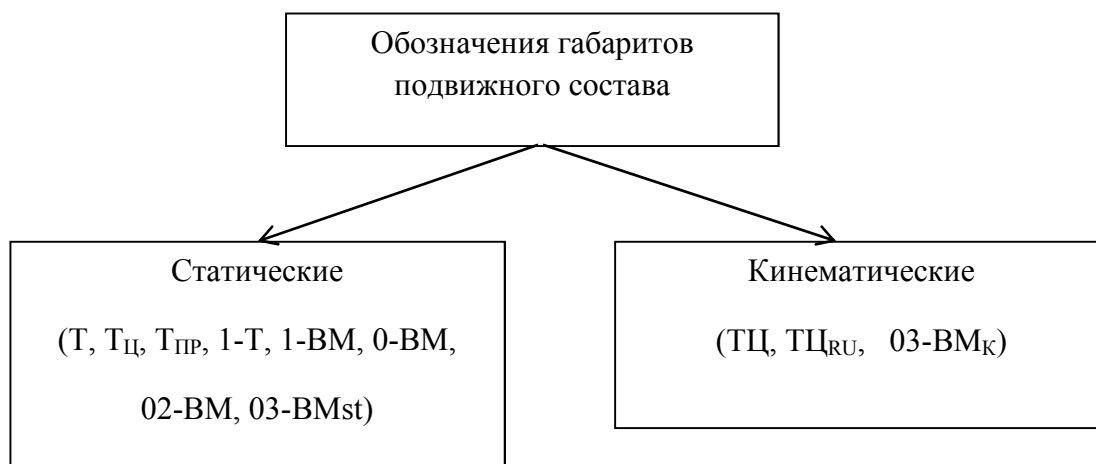


Рисунок 1 – Обозначения габаритов подвижного состава
Figure 1 – Denote the dimensions of the rolling stock

В зависимости от высоты, на которой груз выходит за габарит погрузки, устанавливаются (рисунок 2) три основные зоны негабаритности груза.

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011, далее – ТР ТС) распространяется на вновь разрабатываемые (модернизируемые), изготавливаемые железнодорожный подвижной состав и его составные части, выпускаемые в обращение для использования на железнодорожных путях общего и необщего пользования шириной колеи 1520 мм на таможенной территории ТС.

Согласно требованию статьи 4, пункт 5, ТР ТС 001-2011 железнодорожный подвижной состав и его

составные части должны обеспечивать соблюдение габарита железнодорожного подвижного состава [2].

На рисунке 3 показан стенд, разработанный НВЦ "Вагоны", который прошел метрологическую аттестацию. Данный стенд используется для определения соответствия подвижного состава строительному очертанию. Стенд позволяет производить оценку габарита всех видов подвижного состава построенных как по габаритам для колеи 1520 мм, так и для колеи 1435 мм. Рамка имеет размеры: ширина 4006 мм, высота 5425 мм.

С целью модернизации рассматриваемого стенда предлагается оснастить существующую конструкцию стенда системой видеоконтроля на базе IP камер видеонаблюдения.

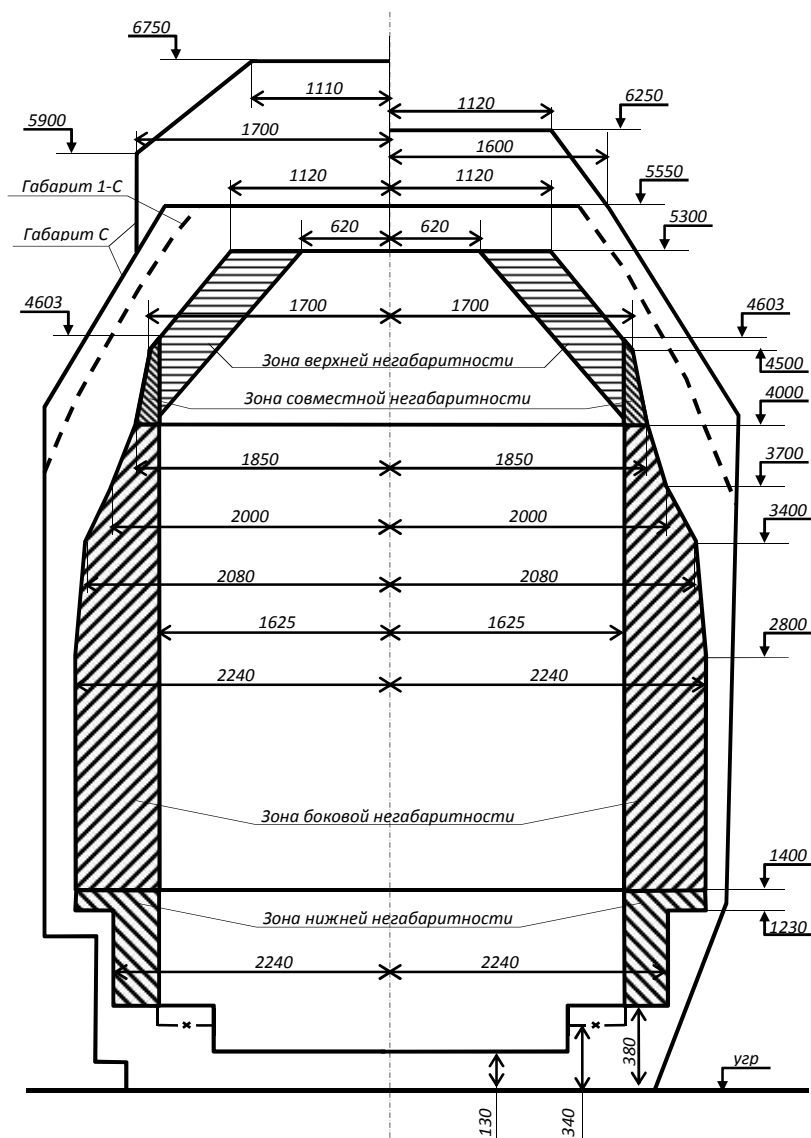


Рисунок 2 – Зоны негабаритности грузов
Figure 2 – Oversized cargo areas

Камеры видеонаблюдения в количестве 5 шт. планируется разместить по периметру стенда для проверки габарита подвижного состава с входной и выходной стороны, как показано на рисунке xxxx, стрелками указано направление съемки IP камер видеонаблюдения. Запись видеозаписи будет дублировать документально-протоколную методику и подтверждать проведение натурного эксперимента по испытанию подвижного состава на соответствие проектному очертанию габарита [2].

Далее рассмотрим методику по определению соответствия габаритных размеров

строительному очертанию и расчета строительного очертания.

Согласно рассматриваемой методике, определение соответствия фактических габаритных размеров конструктивных частей опытных образцов подвижного состава строительному очертанию проводят для критических точек [3].

Испытания, как правило, проводятся с целью определения горизонтальных расстояний - X от оси пути и вертикальных - Y от уровня верха

головок рельсов до критических точек кузова подвижного состава, а также верхнего надкрышевого и нижнего подкузовного оборудования подвижного состава измерением относительно реперного контура.

Критические точки выбираем во всех характерных поперечных сечениях

подвижного состава. Характерные сечения определяются наличием в них выступающих частей конструкции испытываемого железнодорожного подвижного состава, которые наиболее полно используют предельные очертания габарита подвижного состава.

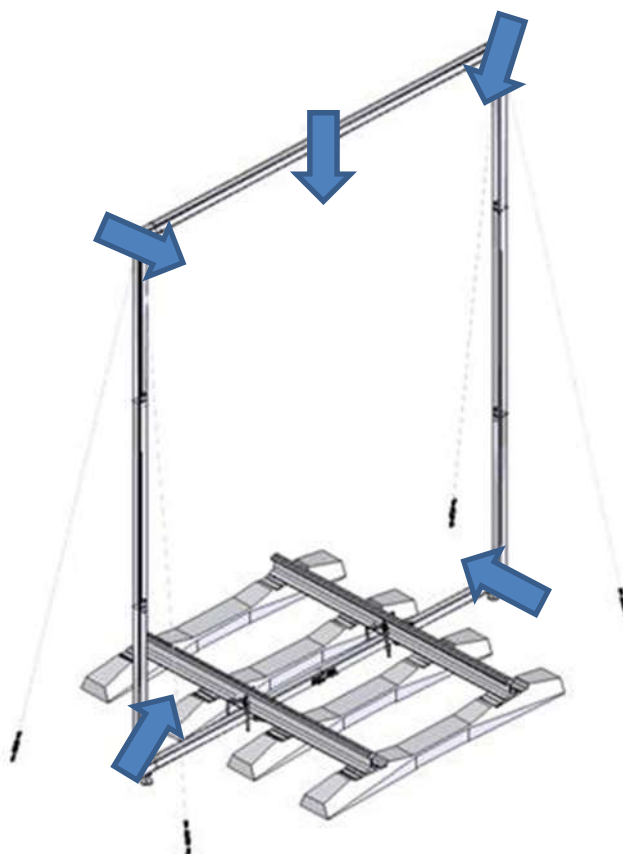


Рисунок 3 – Стенд для проверки габарита подвижного состава
Figure 3 – Stand for checking the size of the rolling stock

К критическим точкам относятся наиболее удаленные от оси пути и от уровня головок рельсов точки выступающих узлов и деталей подвижного состава железнодорожного транспорта. Так, в нижней области подлежат учету те части, которые являются наиболее приближенными к головкам рельсов. Критические точки характеризуют области наиболее полного использования габарита железнодорожного подвижного состава, и исследование совокупности этих точек подтверждает проверку соответствия габариту подвижного состава опытного

объекта в целом. Критические точки характеризуют положением не только относительно рельсов, но и относительно направляющего сечения железнодорожного подвижного состава.

Характерные сечения, которые располагаются в консольных частях конструкции, называются наружными, а во внутренних - внутренними. Положение характерных сечений по длине подвижного состава определяют расстоянием от них до ближайшего направляющего сечения. Для наружных сечений указанное расстояние обозначаем -пн, а для внутренних - пв.

Расстояние от оси пути до критических точек кузова надкрышевого и подкузовного оборудования измеряем относительно вертикальных стоек с промежуточным измерением расстояния δ (см. рисунок 4) и вычисляем по формуле:

$$x_i = 2000 - \delta \quad (1)$$

Верхние торцовые части стоек могут быть соединены горизонтальной рейкой и по отношению к ней определяется высота Y . Угловое отклонение стоек от вертикали должно быть не более 0,0005 рад. Размер 2000 мм может быть изменен в зависимости от условий работы.

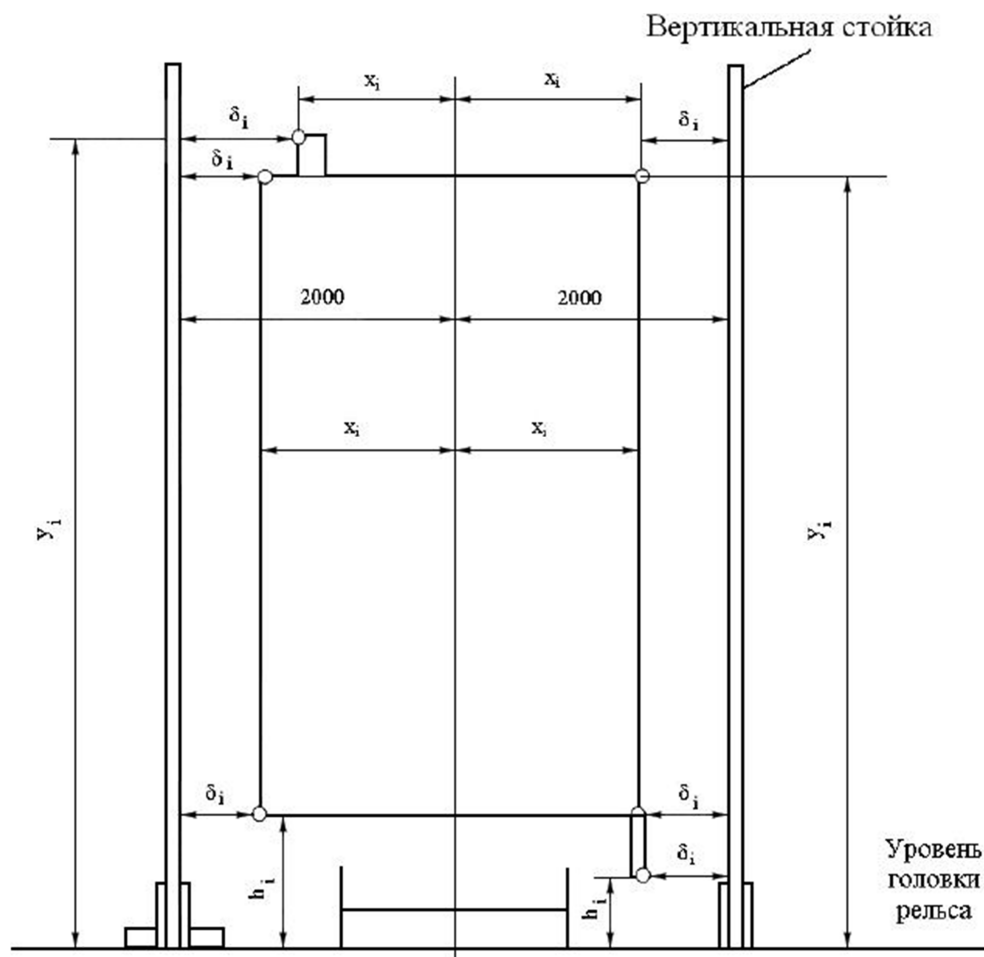


Рисунок 4 – Схема измерения габаритных размеров (Размеры в миллиметрах)
Figure 4 – The scheme of measurement of overall dimensions (Dimensions in millimeters)

Допускается установка вертикальных стоек стационарно, в таком случае опытный объект передвигают вдоль стоек с остановкой для проведения измерений по всем характерным сечениям. Стойки могут быть также переставляемыми и устанавливаться у каждого характерного сечения. Железнодорожный путь в местах проведения испытаний подвижного состава должен быть прямолинейным, без углов поворота вправо и влево и

отклонений по рихтовке более 3 мм, отступления по ширине колеи и уровню не должны быть более 3 мм. Возможный перекос опытного объекта относительно продольной оси пути должен быть учтен по измеренным зазорам между внутренними гранями головок рельсов и гребнями колес всех колесных пар подвижного состава.

Вертикальные расстояния от головок рельсов до критических точек у промежуточных точек кузова и верхнего

оборудования, а также нижнего оборудования h измеряют напрямую. Вертикальные стойки должны быть оснащены измерительными лентами, длина которых должна быть равна длине стоек, измеренной от головок рельсов. Для измерения расстояний δ от вертикальной стойки до критических точек и вертикальных расстояний Y или h от уровня верха головок рельсов рекомендуется применение измерительных средств, имеющих погрешность измерения в пределах от 1,5 до 3 мм в зависимости от величины измеряемого расстояния. Измерения в каждом сечении выполняются трехкратно, а за результат принимают среднее значение. Различие в значениях δ в этих измерениях не должно превышать погрешности средств измерений. При измерении габаритов приближения строений или габаритов подвижного состава суммарная погрешность измерения не должна превышать 10 мм.

Выводы. Для обеспечения безопасности движения необходимо обеспечить такое состояние, когда подвижной состав не соприкасается с инфраструктурными строениями, которые находятся в зоне движения или стоянки. Весь подвижной состав: грузовые и пассажирские вагоны, тяговый и другой подвижной состав должен свободно перемещаться через искусственные инфраструктурные сооружения; расстояние между ступеньками вагона и платформой для выхода и входа пассажиров и расстояние между встречными и параллельными вагонами, движущимися по соседним путям, должно быть строго регламентированным (стандартным). Это обеспечивается установленными габаритами подвижного состава и приближения строений. При определении габаритности проектируемого вагона, так называемым вписыванием

вагона в габарит, в данном случае следует учитывать только смещение в четвертой группе – то есть выносы в кривых. В результате такого метода вписывания вагона в строительный габарит подвижного состава получаем довольно простую методику, что является положительным моментом данной системы учета смещений. Кроме того, серьезным недостатком методики вписывания вагона в габарит является то, что расстояние между габаритами, установленное по одинаковой для всех вагонов величине смещений третьей группы, может для одних вагонов оказаться чрезмерно увеличенным, а для других – чрезмерно малым.

При этом, необходимо знать, что неполное использование межгабаритного расстояния вызывает снижение показателей ширины и высоты кузова вагона, что, в свою очередь, приводит к снижению экономической эффективности грузовых и ухудшает показатели комфорта пассажирского вагона.

Указанное неполное использование размеров поперечного сечения можно отнести к большому числу грузовых и пассажирских вагонов, так как при расчетах строительного габарита железнодорожного подвижного состава смещение третьей группы устанавливается по грузовым и пассажирским вагонам с наибольшим разбегом и износом ходовой части и статическим прогибом рессорного подвешивания.

Недостаток межгабаритного пространства, который может появиться при расчете грузовых и пассажирских вагонов с еще более увеличенным нормируемым износом или большими статическими прогибами рессор, чем те, что были учтены при определении этого габарита, приведет к негабаритности подвижного состава, угрожающей безопасности движения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гаркави Н., и др. К вопросу о вписывании подвижного состава в габарит, Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. № 41, 2012г., С. 11-25.

- [2] Технический регламент ТС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. №710.
- [3] Мусаев Ж.С., Солоненко В.Г. Ходовые и динамические испытания грузовых вагонов на железных дорогах Казахстана. Трансэкспресс Қазақстан, 2017, №4 (85), с. 60 – 62.
- [4] ГОСТ 9238-013 Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений.

REFERENCES

- [1] Garkavi, N., *i dr. K voprosy o vpiisyvanu podviynogo sostava v gabarit, Vestnik Dnepropetrovskogo natsionalnogo yuniversiteta jeleznodorojnogo transporta. №41, 2012g, s. 11-25.* [In Russian: Garkavi, N., et al. On the issue of inscribing rolling stock in the dimension, Bulletin of Dnipropetrovsk national University of railway transport., 2012, vol.. 41_ s. 11-25].
- [2] *Tehnicheskii reglament TS «O bezopasnosti jeleznodorojnogo podviynogo sostava» (TR TS 001/2011) Ytverjden Resheniem Komissu Tamojennogo soyza ot 15 iyulia 2011 g. №710.* [In Russian: Technical regulations of the CU "On safety of railway rolling stock "(TR CU 001/2011) Approved by The decision of the Customs Union Commission dated July 15, 2011 №710].
- [3] *Mysaev J.S., Solonenko V.G. Hodovye i dinamicheskie ispytania grzyzovyh vagonov na jeleznyh dorogah Kazahstana. Transekspress Qazaqstan, 2017, №4 (85), s. 60 – 62.* [In Russian: Musaev Zh. S., Solonenko VG Running and dynamic tests of freight cars on the Railways of Kazakhstan. Transekspress Kazakhstan, 2017, №4 (85), pp. 60 - 62].
- [4] *GOST 9238-2013 Gabarity jeleznodorojnogo podviynogo sostava i priblijenia stroenu.* [In Russian: GOST 9238-2013 dimensions of railway rolling stock and approach structures].

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ВПИСЫВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ГАБАРИТ

Мусаев Жанат Султанбекович, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; zh.musaev@kazatk.kz

Ивановцева Наталья Викторовна – к.т.н., ассоциированный-профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; stupchenko_n@mail.ru;

Дарханбаева Ажар Амангалийқызы, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; Amangaliykyzy@gmail.ru

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМДЫ ГАБАРИТКЕ ЕНГІЗУ ТЕОРИЯСЫ МЕН ПРАКТИКАСЫ

Мусаев Жанат Султанбекович, т.ғ.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан; zh.musaev@kazatk.kz

Ивановцева Наталья Викторовна – т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; stupchenko_n@mail.ru;

Дарханбаева Ажар Амангалийқызы, магистрант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан; Amangaliykyzy@gmail.ru.

Аңдатпа. Локомотивтер, вагондар және өзге де жылжымалы құрам қозғалысы қауіпсіздігінің басты шарттарының бірі олардың темір жолға жақын орналасқан стационарлық құрылыстармен немесе көрші жолда орналасқан жылжымалы құраммен жанасуының алдын алу болып табылады. Осыған байланысты стационарлық құрылыстар жолдан белгілі бір қашықтықта орналасуы тиіс, ал жылжымалы құрам шектелген көлденең кескіні болуы тиіс.

Іс жүзінде жылжымалы құрамның қауіпсіз қозғалысының шарты эксперименталды жолмен, яғни жылжымалы құрамның габариттің құрылыс сызбасына сәйкестігін анықтаумен тексеріледі.

Мақалада жылжымалы құрамның қабылдау және сертификаттық жүріс сынақтарын жүргізу кезінде жылжымалы құрамның құрылыс сызбасына жазылған сыналатын жылжымалы құрамның барлық бөлшектерінің динамикалық төмендеуі экипаждың тік серпініне нормативтік-техникалық құжаттамасында енгізілген қорлардан аспайтынына көз жеткізу қажет екендігі көрсетілген.

Түйін сөздер: жылжымалы құрам, габариті, сынау, есептеу әдістемесі, стенд

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.69-79

IMPROVING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MACHINES

Seydulla Abdullayev, Dr.Sci.(Eng), Professor Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, seidulla@mail.ru.

Aigerim Raiynbekova, Master student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, aigerimrain@mail.ru.

Zhalgas Assilbay, Master student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev.

Abstract. The wide distribution of AC electric locomotives on the railway network of Kazakhstan determines the relevance of works aimed at improving the reliability of asynchronous auxiliary machines of electric rolling stock (AAM ERS)

A special role of the AAM is associated with ensuring the efficiency of the locomotive. At failure of one motor-fan of the electric locomotive of a series "KZ4A" two traction engine or function of regenerative braking are automatically disconnected, and at failure of one motor-compressor the pneumatic system of brakes from which safety of movement of the train directly depends suffers. Consequently, the safety and reliability of train traffic depends on the AAM.

Also, the relevance of the scientific and technical task to improve the operational reliability of the AAM is confirmed by the facts of losses associated with the replacement of the engine, failures of train schedules and irrationality of the use of the insulation resource when sent to the planned overhaul of the engine with normal insulation. Improving the operational reliability of AAM ERS is consistent with the strategic directions of innovative development of railway transport in Kazakhstan. The reliability of electric locomotives largely depends on the stable operation of traction electric motors, power transformer, rectifier-inverter Converter, and pneumatic train brakes. The correct operation of all the above-mentioned units, aggregates and machines ensures the maximum performance of the locomotive and allows you to transport goods at the highest speed. The reliability of asynchronous machines, in turn, depends on the electrical strength of the insulation and the quality of operation. The insulation's durability depends on temperature, vibration loads and humidity.

Keywords: reliability and durability of isolation of asynchronous auxiliary machines, operational features of asynchronous auxiliary machines AC electric locomotives.

УДК 629.001

С.С. Абдуллаев¹, А.А. Райынбекова¹, Ж.А. Асилбай¹

¹ Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаев, г. Алматы, Казахстан

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Аннотация. Широкое распространение электровозов переменного тока на сети железных дорог Казахстана определяет актуальность работ, направленных на повышение надежности асинхронных вспомогательных машин электроподвижного состава (АВМ ЭПС). Особая роль АВМ связана с обеспечением работоспособности электровоза. При выходе из строя одного мотор-вентилятора электровоза серии «KZ4AC» автоматически отключаются два тяговых двигателя либо функция рекуперативного торможения, а при выходе из строя одного мотор-компрессора страдает пневматическая система тормозов, от которой напрямую зависит безопасность движения поезда. Таким образом, от АВМ зависит безопасность и надёжность движения поездов. Так же актуальность научно-технической задачи по повышению эксплуатационной надёжности АВМ подтверждается фактами убытков, связанных с заменой двигателя, сбоями графиков движения поездов и нерациональностью использования ресурса изоляции при отправке на плановый

капитальный ремонт двигателя с нормальной изоляцией. Повышение эксплуатационной надёжности АВМ ЭПС согласуется со стратегическими направлениями инновационного развития железнодорожного транспорта Казахстана.

Ключевые слова: надёжность и долговечность изоляции асинхронных вспомогательных машин, эксплуатационные особенности работы асинхронных вспомогательных машин электровозов переменного тока.

Введение. Электрификация железных дорог всегда была основным направлением реконструкции и технического перевооружения железнодорожного транспорта. Последние научно-технические достижения в области электротяги позволяют значительно снизить капитальные и эксплуатационные расходы при одновременном увеличении параметров надёжности и качества электроснабжения.

Одним из условий успешного развития экономики Казахстана является наличие эффективной и надёжной транспортной системы. Казахстан обладает разветвленной сетью железных дорог общей протяженностью около 15341 километров (2015г): 6 тысяч из которых двухпутные и около 5 тысяч – электрифицированные. Развернутая длина главных путей – 18,8 тыс.км. Более 68 % всего грузооборота и свыше 57% пассажирооборота страны приходится на долю железных дорог. В железнодорожной отрасли занято более 125 тысяч человек, что составляет почти 1% населения Казахстана

По статистическим данным [1] следует, что практически во всех промышленно развитых странах, исключая страны Северной и Южной Америки, электрическая тяга занимает ведущее место в объемах перевозок. На электрифицированных участках реализуется значительно большая грузонапряженность и достигаются преимущества, которые дает электрическая тяга по сравнению с тепловозной: по себестоимости перевозок, экономии топливно-энергетических ресурсов, в отношении экологии.

С целью развития транзитного потенциала Республики Казахстан перед

АО «НК «Қазақстан темір жолы» поставлена задача оптимизировать стоимость транспортировки через дальнейшее внедрение программы снижения затрат с повышенными целями по экономии и оптимизации распределения потока с учетом использования электрифицированных путей и участков с наименьшей загрузкой для снижения требований к расширению пропускной способности [2].

В рамках визита Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева в Федеративную Республику Германия, подписан Рамочный Договор закупок товаров, работ и услуг в области электрификации железной дороги РК между АО «НК «Қазақстан темір жолы», ТОО «Temir Zhol Electrification» и концерном «Siemens AG» [3]. Договор направлен на выполнение СП «Temir Zhol Electrification», созданным между Siemens и дочерним к КТЖ АО «Ремлокомотив» в апреле 2011 года, работ по модернизации энергетической инфраструктуры железной дороги РК с применением инновационных технологий и локализации производства.

С 2004-2010г.г. на железные дороги Северного региона Казахстана начали поступать электровозы переменного тока нового поколения серий KZ4AC, KZ8A и KZ4AT. Из них около 4500 электровозов - это электровозы отечественного производства, на которых для привода вспомогательных механизмов и агрегатов используются трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Анализ надёжности асинхронных вспомогательных машин электровоза KZ4A^C

Электровоз KZ4A^C является четырехосевым, тип оси Во-Во, и

предназначен для высокоскоростной перевозки пассажиров, и его внешний вид приведен на рисунке 1.

Асинхронный тяговый двигатель 1ТВ2624-0GA02 с короткозамкнутым ротором разработан для работы с трёхфазным преобразователем тока. На электровозе установлены четыре тяговых двигателя. Охлаждение тягового двигателя принудительное, охлаждающий воздух подается специальным вентилятором.

Тяговой двигатель является двигателем VVVF с регулирующим напряжением и частотой.

Изоляция обмотки статора применена из изоляционной системы 200 компании ISOLA, после вакуумной пропитки изоляционная система имеет хорошую изоляционную способность и длительный ресурс.

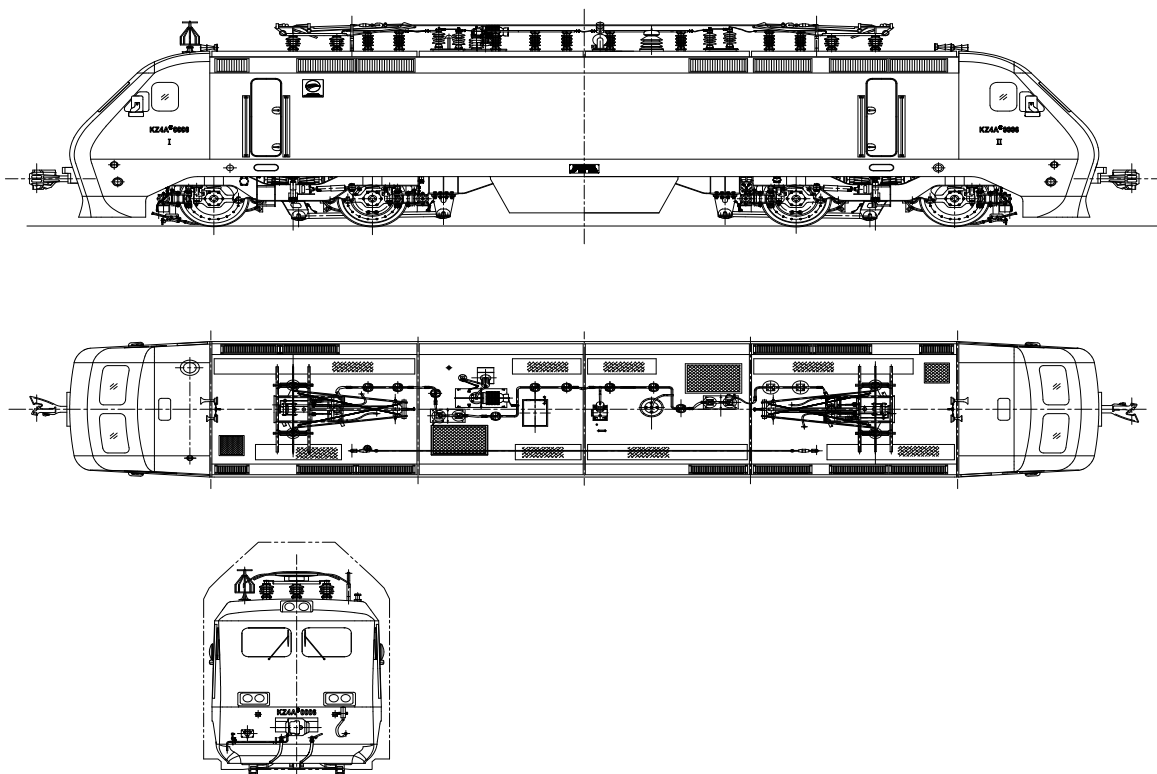


Рис. 1 - Внешний вид электровоза KZ4A^C
Fig. 1- KZ4A^C Appearance of the locomotive

Выход из строя основных узлов и агрегатов электровозов серии KZ4A^C момента ввода в эксплуатацию в Республике Казахстан.

Электровозы KZ4A №0001, №0002 и №0003 были изготовлены ООО «Чжучжоуская электровозостроительная компания» (Китай) и в июне-июле 2004 года электровозы были введены в эксплуатацию. В феврале месяце 2007 года после проведения испытательных

поездок были введены в эксплуатацию еще два электровоза KZ4A^C № 0004 и № 0005. С февраля по декабрь 2010 года трем электровозам KZ4A^C № 0001, №0002 и №0003 в условиях Астанинского локомотиворемонтного депо было произведено техническое обслуживание в объеме ТОУ-8. В данное время электровозы серии KZ4A^C обеспечивают вождение пассажирских поездов на участке «Астана-Кокчетав-Астана».

Таблица 1 - Пробег электровозов на 01 января 2012 года
Table 1 - Mileage of electric locomotives on January 01, 201

Серия, № локомотива	Дата постройки и пробег от постройки, км	Дата проведения и пробег от ТОУ-8, км	Дата проведения и пробег от ТО-8, км	Дата проведения и пробег от ТО-7, км	Дата проведения и пробег от ТО-6, км
KZ4Ac №0001	02.04.04г. 1 555 048	08.12.10г. 144 005	—	—	28.11.11г. 7 590
KZ4Ac №0002	30.12.03г. 1 495 672	14.07.10г. 316 099	—	28.06.11г. 75 656	20.10.11г. 29 044
KZ4Ac №0003	30.12.03г. 1 627 279	31.12.10г. 153 880	—	—	20.11.11г. 5 730
KZ4Ac №0004	15.12.06г. 1 046 269	—	03.07.09г. 478 636	13.08.10г. 210 519	21.05.11г. 4271
KZ4Ac №0005	15.12.06г. 926 498	—	01.08.10г. 280 858	24.09.11г. 40 440	—

За время эксплуатации с пассажирскими поездами с 2004 года на электровозах серии KZ4Ac был выявлен ряд неисправностей узлов и оборудования, допущенные из-за конструктивного недостатка завода-изготовителя. В нижеследующей таблице показан выход из строя основных узлов и оборудования электровозов, выявленных как в пути следования, так и при проведении технических обслуживаний:

При осмотре было обнаружено:

- сопротивление изоляции составило - свыше 100МОм;

- провели испытание на электрическую прочность изоляции обмоток статора, испытательное напряжение составило – 3000В, при норме 4950В;

- омическое сопротивление обмоток статора завышено (протокол прилагается);

- при прокручивании напряжением 380В тяговый электродвигатель работает нормально, незначительный шум подшипника с приводной стороны;

- смазка в подшипнике неприводной стороны пригодна, в достаточном количестве (справка с хим.лаборатории прилагается), с приводной стороны – не пригодна;

- отгар пяти выводов обмоток статора в двух местах соединения к сборной шине (фотографии прилагаются);

- на одной третьей рабочей поверхности наружного кольца подшипника с приводной стороны имеется выработка (волнистая, типа «стиральной доски»);

- радиальный зазор подшипника с приводной стороны – 0,35 мм, при норме 0,14 мм;

- в районе выхода обмотки статора в лобовые части имеются следы перегрева наружной части изоляции – цвет изоляции изменился до темно-коричневого. Названный перегрев вызван большой температурой нагревания ротора в процессе эксплуатации электровоза, из-за недостаточного количества охлаждаемого воздуха;

- 40 мм по длине шейки вала под посадку внутреннего кольца подшипника с приводной стороны имеют следы ржавчины (фотографии прилагаются), вследствие попадания влаги, вызванное отсутствием натяга; 5 мм шейки вала под посадку внутреннего кольца – светлая, которая указывает, что внутреннее кольцо с натягом было посажено на длине 5 мм;

- диаметр вала ротора в местах ржавчины с приводной стороны составляет – 130,0 мм, а в светлой части – 130,03 мм, что подтверждает наличие натяга в светлой части вала на расстоянии 5 мм.

Таблица 2 - Количество отказов тягового оборудования
Table 2 - The number of failures of traction equipment

№ п/ п	Наименование	Количество неисправностей на электровозах КЗ4Ас					
		0001	0002	0003	0004	0005	Всего
1	Тяговый трансформатор	1	1	1	-	2	5
2	Главный преобразователь	15	13	17	12	10	68
3	Тяговые электродвигатели	4	-	3	5	4	16
4	Трансформатор тока	-	-	-	1	-	1

Тяговый электродвигатель типа JD116B – спроектирован и изготовлен ООО «Чжучжоуская электро-возостроительная компания». В период эксплуатации электровозов были допущены **16** случаев выхода из строя тяговых электродвигателей:

– 20.06.06г. по прибытии электровоза КЗ4А №0003 с отключенным главным преобразователем ГП2 на станцию Астана при следовании в ТОО

«Алтын Орда 2004» произошло заклинивание подшипников 3-го ТЭД типа JD116B зав.№2004-0005 с приводной и неприводной сторон. Заклинивание подшипников произошло из-за увеличения радиального зазора между кольцами и роликами, с последующим проворотом внутреннего кольца подшипника с приводной стороны и полным разрушением подшипников с обеих сторон;



Рис. 2 - Заклинивание подшипников ТЭД
Fig. 2 – Jammed bearings ETM

– 05.10.06г. в пути следования электровоза КЗ4А №0003 на ст. Анрахай сработала защита ГВ. Отключив главный преобразователь ГП1, локомотивная бригада проследовала до ст.Астана. При осмотре электровоза в ТОО «Алтын Орда 2004» было выявлено заклинивание подшипника 2-го ТЭД типа JD116B зав.№2004-0003;

31.10.06г. по прибытии электровоза КЗ4А №0001 на ст.Астана и после

разборки тяговых электродвигателей было выявлено:

1-й ТЭД типа JD116B зав.№2004-0007 - излом перемычки сепаратора подшипника с приводной стороны;

2-й ТЭД типа JD116B зав.№2004-0008 – пяти обмоток в двух местах соединения к сборной шине. Причиной отгара явилось нарушение технологии укладки и пайки обмоток при изготовлении электродвигателя на заводе.



Рис. 3 - Повреждение обмоток статора ТЭД
Fig. 3 - Damage to the stator windings ETM

В данном месте перегорел соединительный провод внутри обмоток под соединительные провода между полюсами. Провода между полюсами W и V также перегорели.

Устранение этих отказов, а также плановые регламентные работы по ремонту и текущему обслуживанию щеточно-коллекторного узла, изоляционных конструкций и подшипниковых узлов составляют основную долю затрат по содержанию тяговых двигателей в эксплуатации. Использование резервов повышения эксплуатационной надежности данных узлов остается актуальной задачей, как при создании новых перспективных электровозов, так и разработке конструктивно-технологических мероприятий для эксплуатируемого парка локомотивов.

Надежность электровозов во многом зависит от стабильной работы тяговых электрических двигателей (ТЭД), силового трансформатора, выпрямительно-инверторного преобразователя, пневматических тормозов поезда [4, 5, 6]. Исправная работа всех вышеупомянутых узлов, агрегатов и машин обеспечивает реализацию максимальной производительности локомотива и позволяет осуществлять перевозку грузов с наибольшей участковой скоростью. Надежность асинхронных машин, в свою очередь, зависит от электрической прочности изоляции и качества эксплуатации [7, 8, 9]. Долговечность

изоляции зависит от температурного режима, вибрационных нагрузок и увлажнения. Качество эксплуатации зависит от симметрии, формы кривой токов и напряжений питающих АВМ, а также системы ремонта и технического обслуживания. Среди факторов, влияющих на качество эксплуатации, часто отмечают сложные условия работы и недостаточно высокое качество ремонта [10,11, 12,], по причине чего наблюдается множественные выходы из строя АВМ.

В зависимости от характера последствий отказы делятся на четыре вида. Отказы электровозов переменного тока, приписанных к Астанинскому эксплуатационному депо, приведены в таблице 3. В ходе эксплуатации электровоза KZ-4AC были выявлены отказы III вида (существенный отказ, трудно устранимый и приводящий к значительному материальному ущербу) и отказы IV вида (несущественный отказ, легко устранимый, не приводящий к значительному материальному ущербу).

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации, в пределах заданной наработки, не произойдет ни одного отказа.

Вероятность безотказной работы обозначается как $P(l)$, которая определяется по формуле:

$$P(l) = \frac{N_0 - r(l)}{N_0} = 1 - \frac{r(l)}{N_0}, \quad (1)$$

где N_0 – число элементов в начале испытания;

$r(l)$ - число отказов элементов к моменту наработки.

Следует отметить, что, чем больше величина N_0 , тем с большей точностью можно рассчитать вероятность $P(l)$.

В начале эксплуатации исправного электровоза KZ-4AC, $P(0) = 1$, так как при пробеге $l=0$ вероятность того, что ни один элемент не откажет, принимает максимальное значение – 1. С ростом

пробега l вероятность $P(l)$ будет уменьшаться. В процессе приближения срока эксплуатации к бесконечно большой величине вероятность безотказной работы будет стремиться к нулю $P(l \rightarrow \infty) = 0$. Таким образом, в процессе наработки величина вероятности безотказной работы изменяется в пределах от 1 до 0. Характер изменения вероятности безотказной работы электровоза KZ4AC в функции пробега показан в таблице 1.

Таблица 3 - Виды отказов электровозов переменного тока
Table 3 - Types of failures of AC electric locomotives

Отказы по последствиям	Характеристика отказов	Критерии отказов	Неисправности
Отказ I вида	Критический отказ – внезапно приводящий локомотив в предельное состояние и создающий угрозу для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды	Изломы рам кузова, шкворня, рамы тележки, оси и центра колесной пары, разрушение корпуса буксы, шестерен тягового редуктора, излом подвески тягового редуктора	Неисправности не выявлены
Отказ II вида	Существенный отказ, влекущий за собой экономический ущерб, не соизмеримый с затратами на ремонт	Состояние электровоза, исключающее возможность ведения поезда (порчи в пути следования)	Неисправности не выявлены
Отказ III вида	Существенный отказ, трудноустраняемый и приводящий к значительному материальному ущербу	Состояние локомотива, требующее выполнения непланового ремонта с простоем (затратами труда) более критериальной величины указанной в нормативно-технической документации (например, демонтаж дизеля или тягового генератора, выкатка тележек и т. п.)	Были выявлены неисправности АВМ, компрессора
Отказ IV вида	Несущественный отказ, легко устраняемый, не приводящий к значительному материальному ущербу	Состояние локомотива, требующее выполнения непланового ремонта с простоем (затратами труда) менее критериальной величины указанной в нормативно-технической документации (например, устранение «земли» в низковольтной цепи и т. п.)	Были выявлены неисправности тягового трансформатора, электродинамического тормоза, главного выключателя

На АВМ ЭПС влияют множество факторов, представленных на рисунке 4, установление взаимодействий и степени влияния которых не представляется возможным.

Из анализа статистики отказов можно увидеть, что 20% двигателей от общего количества АВМ, эксплуатируемых на электровозах серии «KZ-4AC», выходили из строя в течение 5 лет, причём более 73% двигателей не

доработали до 300000 километров пробега электровозов в первые два года эксплуатации. Проанализирована надёжность АВМ электровозов серии

«KZ4AC», поступивших в депо за разные периоды времени. Распределение отказов по пробегам приведено в таблице 4.

Таблица 4 - Распределение отказов АВМ по пробегам
Table 4 - Distribution of AVM failures by mileage

№	Интервалы наработок на отказ, км- 10 ³	Количество отказов на интервал, %
1	до 300	73,3
2	300-400	14
3	400-500	6,4
4	500-600	2,8
5	600-800	2,2
6	800-1000	1,3

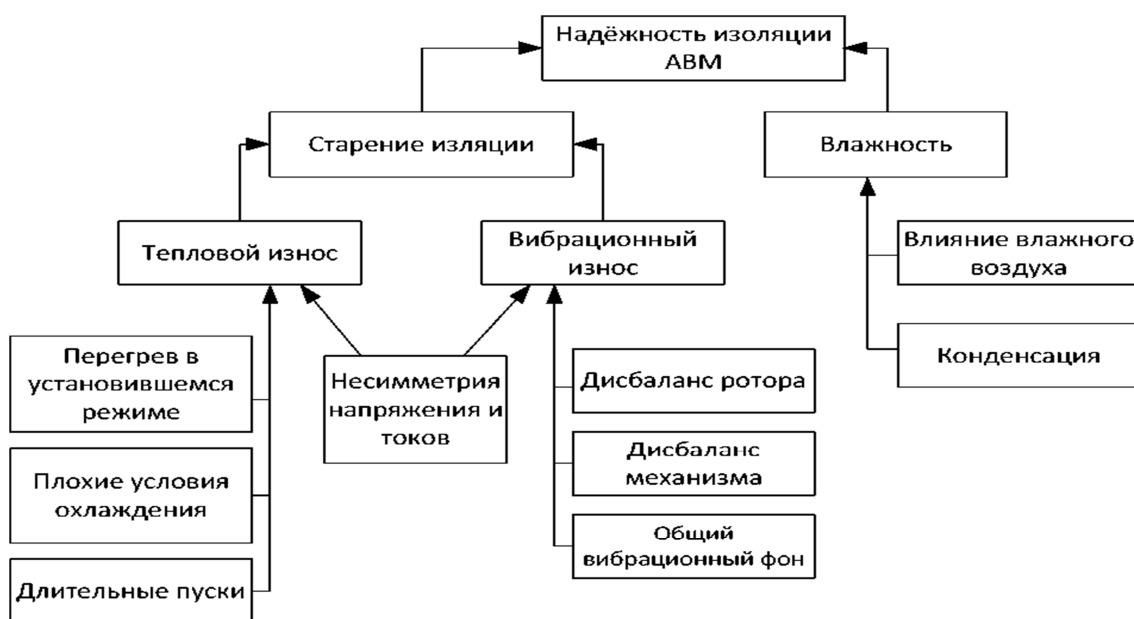


Рис.4 - Систематизация разрушающих факторов, снижающих надёжность изоляции АВМ электровозов переменного тока

Fig. 4 -Systematization of destructive factors that reduce the reliability of insulation AAM AC locomotives

Время эксплуатации с 2004 по 2009 годы можно отнести к периоду приработки, в течение которого выявляются конструктивные недоработки.

Количественные показатели надёжности, такие как средняя наработка до отказа и параметр потока отказов за различные периоды времени, демонстрируют постоянство, что

свидетельствует о переходе к периоду, называемому в теории надёжности «периодом нормальной эксплуатации». Плотность распределения отказов в данном периоде близка к нормальному закону, а математическое ожидание наработки до отказа постоянно и равно $27 \cdot 10^4$ км.

Выводы

1. Из проведенного анализа видно, что в целом надёжность АВМ низкая; основными выходящими из строя узлами являются статор по причине пробоя изоляции, ротор по причине выплавления стержней и неисправность подшипников, причём процентные соотношения данных групп отказов изменяются от года к году. Нарботка на отказ у выходящего из строя оборудования также невелика, и по этой причине эффективное использование ресурса АВМ в рамках существующей системы ремонта и обслуживания двигателей снижается.

2. Надёжность двигателя также зависит от вида механизма, элементом привода которого он является. Наиболее

подвержены повреждениям двигателя мотор-компрессора (МК), первого мотор-вентилятора (МВ1) и фазорасщепителя (ФР).

3. Одной из целей исследования надёжности АВМ является определение средней наработки на отказ, позволяющей предотвратить отказы в работе при организации обслуживания и ремонта, а также продлить ресурс машины. Определение объективного математического ожидания отказа АВМ для эффективного корректирования межремонтных пробегов не представляется возможным, так как отказы имеют во многом случайный, непостоянный характер.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Котельников А.В. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы. – Москва: Интекст, 2002. – 104 с.
- [2] <http://www.railways.kz/ru/node/103>. Стратегия развития акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» до 2025 года
- [3] <http://www.railways.kz/ru/node/2396><http://www.railways.kz/ru/node/2396/> Пресс-релиз
- [4] Гарев Н.Н. Разработка лабораторного комплекса для исследования показателей качества электроэнергии в цепях питания асинхронных вспомогательных машин электровозов/Н.Н. Гарев, П.Ю. Иванов // Проблемы транспорта Восточной Сибири. Сборник трудов 3-й Всероссийской научно-практической конференции. Ч.1. - Иркутск: 2013. - С.75-80 .
- [5] Исмаилов, Ш. К. Надёжность предельно нагруженного оборудования электровозов Восточного региона / Ш.К. Исмаилов, В.П. Смирнов, А.М. Худоногов, А.И. Орленко, И.С. Пехметов, И.С. Гамаюнов, А.В. Ермолаев, Д.В. Коноваленко, В.Н. Иванов // Актуальные аспекты организации работы железнодорожного транспорта: Сборник научных статей / Под ред. А.П. Хоменко. - Иркутск, 2005. - С. 36-41.
- [6] Худоногов А.М. Надёжность предельно нагруженного оборудования электровозов Восточного региона / А.М. Худоногов, Ш.К. Исмаилов, В.П. Смирнов // Актуальные аспекты организации работы железнодорожного транспорта: Сборник научных статей. - Иркутск, 2006. - 36с.
- [7] Ваксер Н.М. . Изоляция электрических машин: лабораторный практикум / Н.М. Ваксер, Л.К. Бородулина . - Л., изд. ЛПИ, 1981. - 49 с.
- [8] Захаров В.И. Повышение эксплуатационной надёжности тяговых электрических машин магистральных электровозов// Повышение ресурса тяговых электродвигателей: сборник докладов и сообщений научно-технической конференции / под ред. А.Т. Осеева, - М., 2004. - С. 32-36.
- [9] Котеленец Н.Ф., Испытания и надёжность электрических машин / Н.Ф. Котеленец, Н.Л. Кузнецов. - М.: Высш. шк., 1988. - 232 с.
- [10] Булатов А.А. Совершенствование системы технического содержания узлов электровозов с учетом изменения климатических условий: диссертация кандидата технических наук: 05.22.07 / А.А. Булатов. - М.:, 2005. - 147 с.: ил.
- [11] Гольдберг О.Д. Качество и надёжность асинхронных двигателей.- М., «Энергия», 1968.
- [12] Дудкин А.Н. Обеспечение качества и надёжности электрических машин/ А.Н. Дудкин, А.П. Матялис, О.П. Муравлев // Известия ТПУ, Т. 303. вып.1. 2000.- С.266 - 269.

REFERENCES

- [1]. Kotelnikov A.V. *Elektrifikaciya zheleznihykh dorog. Mirovye tendencii i perspektivy.*[In Russian: the electrification of the Railways Global trends and prospects.]Moscow: Intext, 2002. - 104 p
- [2]. <http://www.railways.kz/ru/node/103>. Strategiya razvitiya akzionernogo obshhestva «Natsional'naya kompaniya «Қазақстан temi`r zholy`» do 2025 goda
- [3]. <http://www.railways.kz/ru/node/2396><http://www.railways.kz/ru/node/2396/> Press-reliz

- [4]. Garev, N. N. Razrabotka laboratornogo kompleksa dlya issledovaniya pokazatelej kachestva e`lektroenergii v czepyakh pitaniya asinkhronny`kh vspomogatel`ny`kh mashin e`lektrovozov [Tekst] /Garev N.N. Ivanov P.Yu.//Problemy` transporta Vostochnoj Sibiri. Sbornik trudov 3-j Vse-rossijskoj nauchno-prakticheskoy konferenczii. Ch.1. - Irkutsk:2013. 75-80 .
- [5]. Ismailov, Sh. K. Nadezhnost` predel`no nagruzhennogo oborudovaniya e`lektrovozov Vostochnogo regiona [Tekst] / Sh.K. Ismailov, V.P. Smirnov, A.M. Khudonogov, A.I. Orlenko, I.S. Pekhmetov, I.S. Gamayunov, A.V. Ermolaev, D.V. Konovalenko, V.N. Ivanov // Aktual`ny`e aspekty` organizacii raboty` zheleznodorozhnogo transporta: Sbornik nauchny`kh statej / Pod red. A.P. Khomenko. - Irkutsk, 2005. - S. 36-41.
- [6]. Khudonogov, A.M. Nadezhnost` predel`no nagruzhennogo oborudovaniya e`lektrovozov Vostochnogo regiona [Tekst] / A.M. Khudonogov, Sh.K. Ismailov, V.P. Smirnov // Aktual`ny`e aspekty` organizacii raboty` zheleznodorozhnogo transporta: Sbornik nauchny`kh statej. - Irkutsk, 2006. - S. 36.
- [7]. Vakser, N.M. . Izolyacziya e`lektricheskikh mashin, laboratorny`j praktikum [Tekst] / N.M. Vakser, L.K. Borodulina : - L., izd. LPI, 1981. - 49 s
- [8] Zakharov, V.I. Povyshenie e`kspluatacionnoj nadezhnosti tyagovy`kh e`lektricheskikh mashin magistral`ny`kh e`lektrovozov [Tekst] // Povyshenie resursa tyagovy`kh e`lektrodvigatелеj: sbornik dokladov i soobshhenij nauchno-tehnicheskoy konferenczii / pod red. A.T. Osyayeva, - M., 2004. - S. 32-36.
- [9]. Kotelenecz, N.F., Ispy`taniya i nadezhnost` e`lektricheskikh mashin [Tekst] / N.F. Kotelenecz, N.L. Kuznecov. - M.: Vyssh. shk., 1988. - 232 s.
- [10]. Bulatov, A.A. Sovershenstvovanie sistemy` tehničeskogo so`derzhaniya uzlov e`lektrovozov s uchetoм izmeneniya klimaticheskikh uslovij [Tekst] : dissertacziya kandidata tehničeskikh nauk: 05.22.07 / A.A. Bulatov. - M.: 2005. - 147 s.: il.
- [11]. Gol`dberg O.D. Kachestvo i nadyozhnost` asinkhronny`kh dvigatelej [Tekst], M., «Energija», 1968.
- [12]. Dudkin, A.N. Obespechenie kachestva i nadezhnosti e`lektricheskikh mashin [Tekst] / A.N. Dudkin, A.P. Matyalis, O.P. Muravlev // Izvestiya TPU, T. 303. vy`p.1. 2000. S.266-269.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Абдуллаев Сейдулла Сейдеметович, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, seidulla@mail.ru

Райынбекова Айгерим Аслановна, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, aigerimrain@mail.ru

Асилбай Жалғас Алмасұлы, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева. г.Алматы, Казахстан

АСИНХРОНДЫ ҚОСАЛҚЫ ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫНЫҢ ПАЙДАЛАНУ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Абдуллаев Сейдулла Сейдеметович, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, seidulla@mail.ru

Райынбекова Айгерим Аслановна, магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, aigerimrain@mail.ru.

Әсілбай Жалғас Алмасұлы, магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы.

Аңдатпа. Қазақстан темір жол желісінде ауыспалы ток электровоздарының кеңінен таралуы электрлі жылжымалы құрамның асинхронды қосалқы машиналарының (АҚМ ЭЖҚ) сенімділігін арттыруға бағытталған жұмыстардың өзектілігін анықтайды. АВМ ерекше рөлі электровоздың жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыз етумен байланысты. "KZ4AC" сериялы электровоздың бір мотор-желдеткішінің істен шығуы кезінде екі тартқыш қозғалтқыш автоматты түрде немесе рекуперативті тежеу функциясы ажыратылады, ал бір мотор-компрессор істен шыққан кезде поездың қозғалыс қауіпсіздігіне тікелей байланысты тежегіштердің пневматикалық жүйесі зардап шегеді. Осылайша, поездар қозғалысының қауіпсіздігі мен сенімділігі АҚМ-ға байланысты. Сонымен қатар, АҚМ пайдалану сенімділігін арттыру жөніндегі ғылыми-техникалық есептің өзектілігі қозғалтқышты ауыстыруға, поездар қозғалысы кестелерінің істен шығуына және қалыпты оқшаулауы бар қозғалтқышты жоспарлы күрделі жөндеуге жіберу кезінде оқшаулау ресурсын пайдаланудың ұтымсыздығына байланысты шығындар фактілерімен

расталарды. АҚМ ЭЖҚ пайдалану сенімділігін арттыру Қазақстанның теміржол көлігін инновациялық дамытудың стратегиялық бағыттарымен келісіледі.

Түйін сөздер: асинхронды қосалқы машиналарды окшаулаудың сенімділігі мен ұзақ, ауыспалы ток электровоздарының асинхронды қосалқы машиналары жұмысының пайдалану ерекшеліктері.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.79-89

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE UPPER NODE OF THE CURRENT COLLECTOR IN ITS INTERACTION WITH THE CONTACT SUSPENSION

Seydulla Abdullayev, Dr.Sci.(Eng), Professor Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, seidulla@mail.ru.

Aigerim Raiynbekova, Master student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, aigerimrain@mail.ru.

Zhalgas Assilbay, Master student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev.

Abstract. In this article, the definition of the field current density at Tokorenting reduced to the calculation of the thermal (resistive) of the electrical current. These techniques must necessarily involve consideration of the bending stiffness of the contact wires to calculate the distribution of forces clicking on the contact wire between the current collection plates is therefore necessary to improve existing methods of calculating the dynamics of mechanical interaction trolley with chain suspension. Unstable pressing of the current collector leads to rapid wear of the slide and the contact wire. Ensuring a stable current collection with a minimum number of damage to the contact network is not only technical, but also an urgent economic task, the solution of which gives significant savings as a result. In the transport system of Kazakhstan, the leading and organizing mode of transport is railway transport. In the foreseeable future, there will be no alternative to rail transport in terms of economic efficiency and environmental safety when transporting large volumes of stable mass cargo flows delivered over medium and long distances, as well as providing passenger transport. The initial data are the parameters of the contact wire and the slide, the current consumed by the EPS, the force of pressing the current collector's slide on the current-removing plates. The main criterion for the quality of current removal is considered to be the force of pressing the current collector on the contact wire. Therefore, it is necessary to determine how it affects the distribution of the current density field and the heating caused by this field in the transition zone of the contact wire- the current collector 's skid.

Keywords: Tokosem-the process of transferring electrical energy from the current-channeling devices to energy recipients (current collectors), electrical equipment of electric rolling stock.

УДК 629.002

С.С. Абдуллаев¹, А.А. Райынбекова¹ Ж.А. Асилбай¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕРХНЕГО УЗЛА ТОКОПРИЕМНИКА ПРИ ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКОЙ

Аннотация. В этой статье определение поля плотности тока при токосъеме сводилось только к расчету теплового (резистивного) действия электрического тока. В эти методики обязательно необходимо включать учет изгибной жесткости контактных проводов для расчета распределения силы нажатия на контактный провод между токосъемными пластинами. Поэтому, необходимо совершенствовать существующие методики расчета динамики механического взаимодействия токоприемника с цепной подвеской.

Ключевые слова: токосъем - процесс передачи электрической энергии от канализирующих ток устройств энергополучателям (токоприемникам), электрооборудованию электроподвижного состава.

Введение. В транспортной системе Казахстана ведущим и организующим видом транспорта является железнодорожный транспорт. В обозримом будущем железнодорожным перевозкам не будет альтернативы по экономической эффективности и экологической безопасности при транспортировке значительных по объемам стабильных потоков массовых грузов, доставляемых на средние и дальние расстояния, а также по обеспечению пассажирских перевозок. Казахстан обладает разветвленной сетью железных дорог общей протяженностью около 15341 километров (2015г): 6 тысяч из которых двухпутные и около 5 тысяч – электрифицированные. Развернутая длина главных путей – 18,8 тыс.км. Более 68 % всего грузооборота и свыше 57% пассажирооборота страны приходится на долю железных дорог. В железнодорожной отрасли занято более 125 тысяч человек, что составляет почти 1% населения Казахстана[1].

Надежный и экономичный токосъем - это такой токосъем, при котором обеспечивается высокая надежность контактной сети и токоприемников, а также длительный срок службы контактирующих элементов системы токосъема.

Известно, что срок службы контактного провода зависит от множества влияющих факторов, большинство из которых определяет главным образом средний износ провода. Лишь характер изменений нажатия в контакте существенно влияет на неравномерность износа контактного провода: при большой разнице контактного нажатия на контактом проводе появляются отдельные зоны с повышенным износом. Необходимость замены контактного провода определяется не только его средним износом, но размерами и числом локальных износов. Именно последнее

обстоятельство и обуславливает одну из главных задач исследования процесса механического взаимодействия токоприемника и контактного провода - определение условий стабилизации и оптимизации контактного нажатия.

Актуальность темы обусловлена тем, что увеличение скорости электроподвижного состава (ЭПС) до 120-200км/час, как показывает отечественный и зарубежный опыт, значительно ухудшает динамические условия взаимодействия токоприемника с контактной подвеской и, кроме того, снижает безопасность эксплуатации ЭПС. Нестабильное нажатие токоприемника приводит к быстрому износу полоза и контактного провода. Обеспечение стабильного токосъема с минимальным числом повреждений контактной сети является не только технической, но и актуальной экономической задачей, решение которой дает значительную экономию в результате:

- повышения скоростей электрического подвижного состава;
- увеличения срока службы контактных проводов и токоприемников;
- предотвращения ущерба, связанного с повреждением контактной сети и токоприемников.

Распределение тока в контактом проводе при токосъеме

В процессе токосъема внутри полоза и на участке контактного провода, непосредственно связанного с полозом, происходит постоянное изменение распределения плотности электрического тока. Это изменение связано с величиной тока, потребляемого ЭПС, переходным сопротивлением подвижного электрического контакта токосъемная пластина - контактный провод, расположением контактного провода на полозе токоприемника.

В этой статье определение поля плотности тока при токосъеме сводилось

только к расчету теплового (резистивного) действия электрического тока. Электромагнитные поля, электроэрозионные процессы, возникающие при токоъеме, в данном случае не рассматривались и не учитывались. Исходными данными являются параметры контактного провода и полоза, значения тока, потребляемого ЭПС, сила нажатия полоза токоприемника на токоъемные пластины. Основным критерием качества токоъема принято считать силу нажатия токоприемника на контактный провод [1]. Поэтому необходимо определить, как она влияет на распределение поля плотности тока и

вызываемого этим полем нагрева зоны перехода контактный провод - полз токоприемника.

В данной статье рассматривается полз проекта ПКБ ЦТ №3.115.71.11.00 с тремя рядами металлокерамических пластин ВЖЗП, контактный провод марки 2МФ - 100 с небольшим (1 мм по высоте) равномерным износом. Внешний вид данного полоза [1] с контактным проводом и эквивалентной электрической схемой приведен на рис. 1. Делается допущение, что двойной контактный провод рассматривается как один проводник с током.

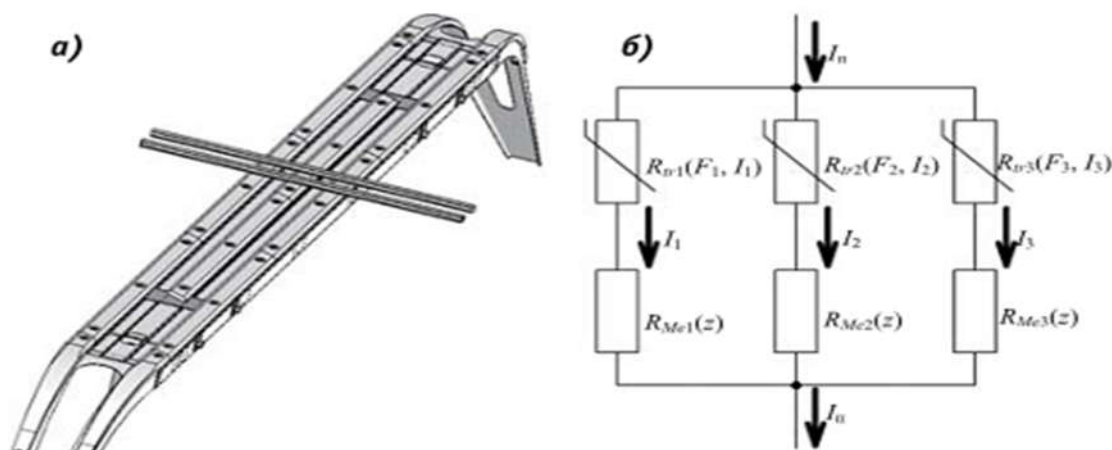


Рисунок 1 - Внешний вид полоза с контактным проводом (а) и эквивалентная электрическая схема (б)

Figure 1 - Appearance of the collector head with the contact wire (a) and equivalent electrical scheme (b)

На эквивалентной электрической схеме на рис. 1(б) обозначены следующие элементы: R_{Tri} - переходное сопротивление i -я пластина - контактный провод; R_{Mei} - собственное сопротивление полоза относительно i -й пластины; I_i - ток, протекающий из контактного провода в полз через i -ю пластину. В общем случае, переходное сопротивление R_{Tri} (токоъемная пластина контактный провод) зависит от их марок, состояния поверхностей, силы нажатия пластины полоза на провод F_i , значения тока I_i протекающего через данное переходное сопротивление, и его температуры [2,3]. В данном случае принято допущение, что

переходное сопротивление R_{Tri} является нелинейным элементом, зависящим только от I_i и F_i . Влияние температуры, качество обработки рабочих поверхностей провода и пластин не учитывается. Зависимость $R_{Tr} = R_{Tr}(F, I)$ для пластин ВЖЗП была аппроксимирована по данным результатов экспериментов, приведенных в литературе [2]. Аппроксимация задана следующим алгебраическим выражением, предложенным одним из авторов,

$$R_{Tr}(I, F) = R_{Tr\infty}(F) \cdot \psi(I), \quad (1)$$

где $R_{Tr\infty}$ - предельное значение переходного сопротивления при токе,

стремящемся к бесконечности, Ом; $\psi(I)$ - коэффициент увеличения предельного переходного сопротивления при малых значениях тока.

Графики функций $R_{Tr\infty}(F)$ и $\psi(I)$ показаны на рис. 2.

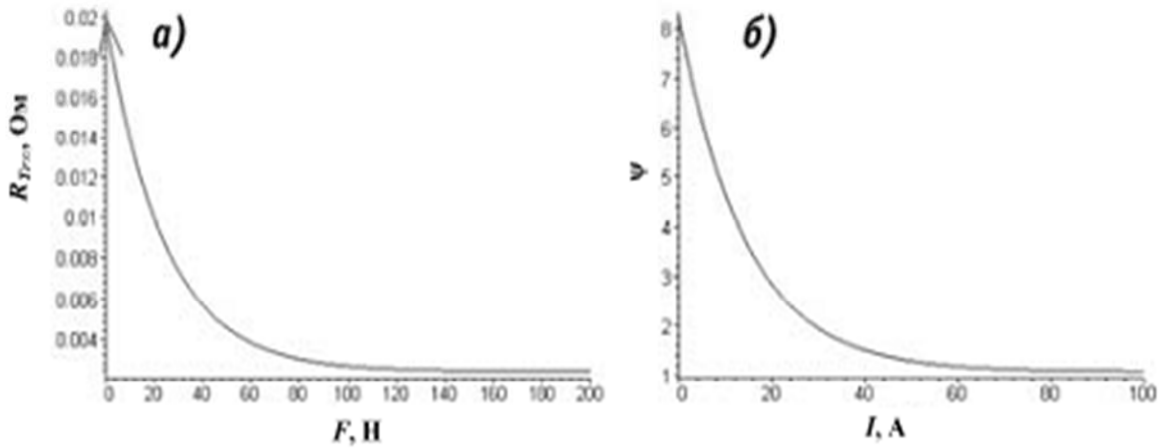


Рисунок 2 - Графики функций: а) $R_{Tr}(F)$ и б) $\psi(I)$
Figure 2 - Graphs of functions: а) $R_{Tr}(F)$ and б) $\psi(I)$

Принято считать, что величина переходного сопротивления R_{Tr} обратно пропорциональна силе нажатия контактов F [3, 4]. Поэтому график зависимости $R_{Tr} = R_{Tr}(F)$ представляет собой гиперболу, и при $F=0$ переходное сопротивление $R_{Tr} = \infty$. В рассматриваемом случае считается, что при нажатии $F=0$ возникает дуга, имеющая конечное омическое сопротивление.

Собственное сопротивление полоза относительно каждой пластины R_{Me} зависит от расположения проводов на полозе. Из-за зигзага контактный провод постоянно перемещается по полозу. Если предположить, что электровоз движется на прямом участке пути, то центр полоза

будет находиться над осью пути. В этом случае за параметр, характеризующий положение контактного провода на полозе, удобно брать расстояние z от центра полоза до провода (делается допущение, что контактный провод параллелен оси пути). График z вдоль пути представляет собой пилообразную кривую. Максимумы и минимумы z совпадают по координате абсцисс с координатами опор, а сам параметр z при этом равен либо положительному зигзагу 0,3 м, либо отрицательному - 0,3 м.

Составим систему уравнений для эквивалентной электрической схемы (см. рис. 1а):

$$\begin{cases} [R_{Tr1}(F_1, I_1) + R_{Me1}(z)] \cdot I_1 = [R_{Tr2}(F_2, I_2) + R_{Me2}(z)] \cdot I_2 \\ [R_{Tr2}(F_2, I_2) + R_{Me2}(z)] \cdot I_2 = [R_{Tr3}(F_3, I_3) + R_{Me3}(z)] \cdot I_3 \end{cases}, \quad (2)$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_t$$

где I_t - полное значение тока, потребляемое полозом, А.

Для моделирования электрических процессов непосредственно по всему объему контактного провода и полоза ис-

пользуется программный комплекс Comsol Multiphysics 3.5a, основанный на принципе конечных элементов [5]. Для описания течения электрического тока внутри токоведущих частей полоза и

провода используется уравнение непрерывности (закон Ома в дифференциальной форме) для стационарных токов [6]

$$-\Delta \cdot \sigma \Delta V = 0, \quad (3)$$

где V - потенциал, В;
 σ - удельная проводимость См/м;
 Δ - оператор градиента.

После решения уравнения (3) определяется вектор напряженности электрического поля, В/м,

$$E = -\Delta V \quad (4)$$

Далее вычисляется вектор плотности электрического тока, А/м²,

$$j = \sigma \cdot E \quad (5)$$

Объемная плотность резистивного нагрева Q_{Me} зависит от плотности тока и определяется по формуле, Вт/м³,

$$Q_{Me} = j^2 \cdot r, \quad (6)$$

где r - удельное электрическое сопротивление материала, Ом-м.

В модели задается геометрия токоведущих частей указанного полоза с контактным проводом, который расположен на нем с определенным значением z (рис. 3), а также удельные проводимости всех элементов σ , взятые при температуре 0 °С.

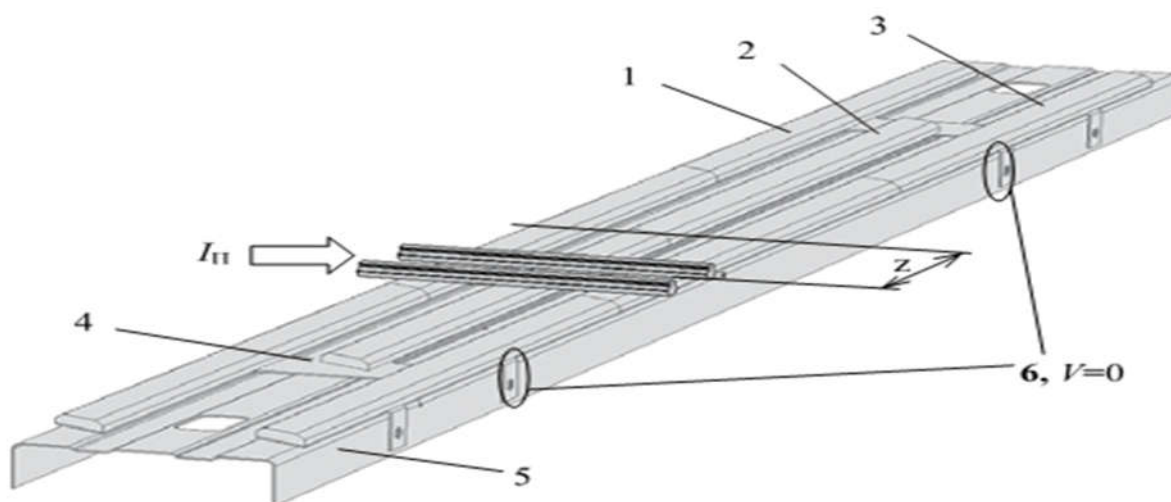


Рисунок 3 - Геометрия модели протекания тока внутри токоведущих частей полоза с граничными условиями

Figure 3 - Geometry of the current flow model inside the current-carrying parts of the skid with boundary conditions

На рис. 3 обозначены следующие элементы: 1,2,3 - соответственно первый, второй, третий ряд токосъемных пластин ВЖЗП; 4 - медная подложка; 5 - железное основание полоза; 6 - место подключения токоотводящих проводников. Здесь задано граничное условие $V=0$. С левой стороны на торцах контактного провода задана нормальная плотность тока (одностороннее питание), которая соответствует полному току полоза $j_t = I_t / S_{kt}$ где S_{kt} - поперечное сечение контактного

провода. На всех остальных внешних границах задается условие равенства нормального значения плотности тока нулю $j_t = 0$. На внутренних границах принято граничное условие «непрерывность», означающее равенство нормальной плотности тока с одной и с другой стороны от границы в каждой точке. Для расчета значения собственных сопротивлений R_{Mei} принято допущение, что переходные сопротивления пластины ВЖЗП - контактный провод при этом

отсутствуют, т. е. $R_{Tr1} = R_{Tr2} = R_{Tr3} = 0$. В модели генерируется сетка, содержащая около 450 тыс. элементов, что соответствует 760 тыс. степеней свободы.

В результате решения уравнений (3) - (6) с заданными параметрами и граничными условиями определяются значения поля потенциала V ,

напряженности электрического поля E , поля плотности тока j , поля мощности резистивного нагрева Q_{Me} от собственного сопротивления по всему объему полоза и контактного провода. Для параметра $z = -0,15$ м и тока $I_t = 1600$ А результат расчета приведен на рис. 4.

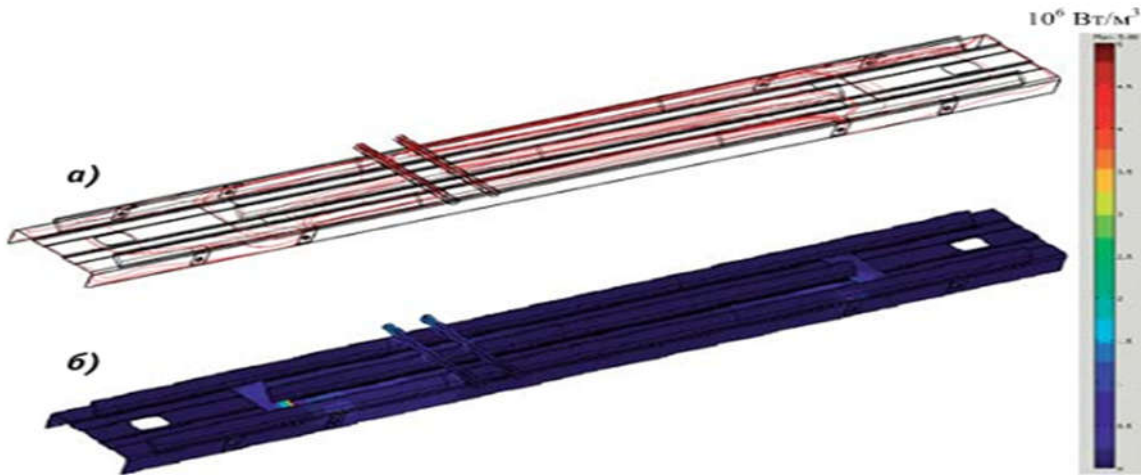


Рисунок 4 - Результат расчета распределения тока внутри полоза и контактного провода без учета переходных сопротивлений контакта при $z = -0.15$ м: а) эпюра линий электрического тока; б) эпюра поля мощности резистивного нагрева Q_{Me} от собственного сопротивления
Figure 4 - The result of calculating the current distribution inside the slide and the contact wire without taking into account the transient resistance of the contact at $z = -0.15$ m: a) the plot of the electric current lines; b) the plot of the resistive heating power field Q_{Me} from its own resistance

После расчета распределения тока внутри полоза и провода определяется значение тока, стекающего из контактного провода в каждую из пластин ВЖЗП, I_t . Далее на основании эквивалентной схемы (см. рис. 5) определяются значения собственных сопротивлений полоза относительно каждой пластины R_{Mei} с учетом допущения, что переходные сопротивления равны нулю, т. е. $R_{Tr1} = 0$. При одном и том же значении суммарного тока полоза I_t и отсутствии переходных сопротивлений результат расчета будет зависеть только от параметра z (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что наибольшие значения собственных сопротивлений

полоза относительно каждой из пластин R_{Mei} и наибольший суммарный резистивный нагрев полоза от этих сопротивлений $P_{Me\Sigma}$ будут когда контактный провод расположен на середине полоза $z=0$. Наименьшие значения R_{Mei} и $P_{Me\Sigma}$ наблюдаются, когда контактный провод смещен от центра полоза на величину зигзага $z = \pm 0,3$ м. Данный результат легко объяснить. Поскольку места подключения токоотводящих проводников к полозу 6 (см. рис. 3) разнесены в стороны от центра полоза, то при $z = 0$ путь протекания тока по полозу наибольший.

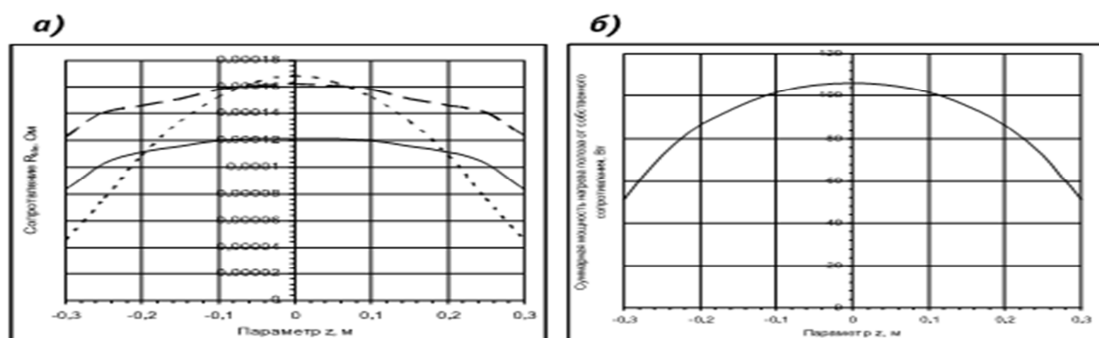


Рисунок 5 - Графики зависимостей от параметра z а) собственного сопротивления R_{Me} -полоза относительно каждой пластины ВЖЗП б) суммарной мощности резистивного нагрева полоза $P_{Me\Sigma}$ от собственного сопротивления

Figure 5 - Graphs of the dependence of the parameter z а) the intrinsic resistance R_{Me} of the slide relative to each plate VZHЗP б) the total power of the resistive heating of the slide $P_{Me\Sigma}$ on the intrinsic resistance

Соответственно сопротивления R_{Mei} и нагрев $P_{Me\Sigma}$ также наибольшие. При $z = \pm 0,3$ м ситуация противоположная. Из анализа эпюр полей объемной плотности мощности резистивного нагрева полоза от собственных сопротивлений Q_{Me} при изменении z видно, что мощность нагрева распределена по полюзу крайне неравномерно. Значительная ее часть сосредоточена вблизи места подключения токоотводящих проводников. При движении токоприемника объемная плотность мощности резистивного нагрева от собственного сопротивления Q_{Me} будет постоянно перераспределяться внутри полоза в зависимости от параметра z . К тому же переходные сопротивления контактный полоз - пластина ВЖЗП будут перераспределять токи, стекающие из контактного провода в каждую из пластин. Это будет влиять на поле объемной плотности резистивного нагрева от собственного сопротивления внутри полоза. Постоянное изменение этого поля Q_{Me} внутри полоза во времени в зависимости от параметра z и переходных сопротивлений R_{Tri} очень сильно повышает время расчета и требует увеличения вычислительной мощности ЭВМ. Поэтому поле объемной плотности резистивного нагрева от собственного сопротивления Q_{Me} внутри полоза было усреднено относительно z и взято стационарным $Q_{Me_cp}(t) = \text{const}$. После того, как

определены значения собственных сопротивлений полоза относительно каждой из пластин R_{Tri} , можно из системы уравнений (2) рассчитать величины токов I_i снимаемых с контактного провода каждой пластиной, и значения переходных сопротивлений R_{Tri} . Для этого надо задаться значениями сил нажатия токосъемных пластин на контактный провод F . Значения силы нажатия всего полоза (сумма сил нажатия всех пластин) на контактный провод были получены моделированием процесса динамики механического взаимодействия токоприемника с контактной подвеской с заданными исходными данными. Описание этой модели приведено в [7]. Данная модель не учитывает распределения нажатия по пластинам. Для того чтобы это сделать, надо обязательно учесть изгибную жесткость контактного провода. Поэтому результаты расчета силы нажатия всего полоза токоприемника из указанной выше модели были пересчитаны на нажатие каждой отдельной пластины на контактный провод с учетом его изгибной жесткости. Методика учета изгибной жесткости контактного провода при расчете динамики взаимодействия контактной подвески с токоприемником изложена в [8]. Значение силы нажатия F_i контактного провода на первую пластину показано на рис. 6.

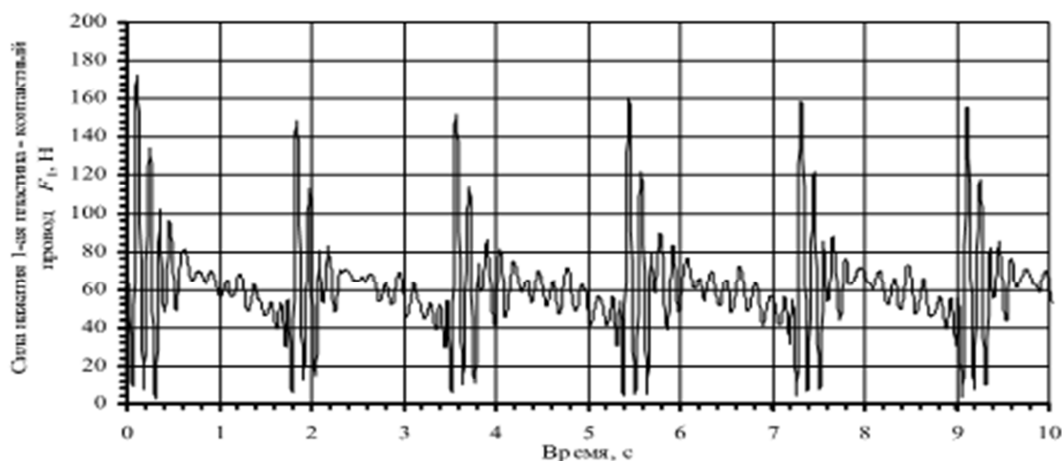


Рисунок 6 - График зависимости силы F_i , нажатия контактного провода на первую пластину ВЖЗП от времени для первых 10 с.

Figure 6 - Graph of the dependence of the force F_i , pressing the contact wire on the first plate of the VZHP on the time for the first 10 seconds

Мощность нагрева в переходном сопротивлении i -я токосъемная пластина - контактный провод находится по закону Джоуля – Ленца

$$P_{Tri} = I_i^2 \cdot R_{Tri} \quad (7)$$

Результат расчета системы уравнений (2) показан на рис. 7 в виде графиков зависимостей $R_{Tri}(t)$, $I_i(t)$ и $P_{Tri}(t)$. Графики зависимостей данных величин для второй и третьей токосъемной пластины будут иметь похожий вид.

Распределение поля Q_{Me} объемной плотности резистивного нагрева от собственного сопротивления внутри контактного провода зависит от распределения поля плотности тока j . Вдали от полоза плотность тока j по поперечному сечению контактного провода распределена равномерно. На расстоянии примерно 10 см от первой пластины полоза электрический ток начинает стекать из всего объема контактного провода к участкам на

рабочей поверхности, которые соприкасаются с токосъемными пластинами. Поэтому в непосредственной близости от полоза поле резистивного нагрева Q_{Me} , вызванное собственным сопротивлением контактного провода, распределено внутри него неравномерно. Данное поле Q_{Me} нестатично, и зависит от величины токов, снимаемых каждой пластиной I_i . На рис. 8 представлено распределение плотности тока j и объемной плотности резистивного нагрева от собственного сопротивления Q_{Me} внутри контактного провода. Результат, приведенный на рис. 8, получен из условия, что ток, снимаемый каждой пластиной ВЖЗП, в данном случае равен среднему значению тока во времени $I_i = I_{i_cp}$, который снимает данная пластина при изменении нажатия во времени. Иными словами, поле Q_{Me} на рис. 8 получается усредненным по значению токов I_i . Аналогично случаю с ползком изменяющееся во времени поле $Q_{Me}(t)$ заменяется данным стационарным усредненным полем $Q_{Me_cp}(t) = \text{const}$

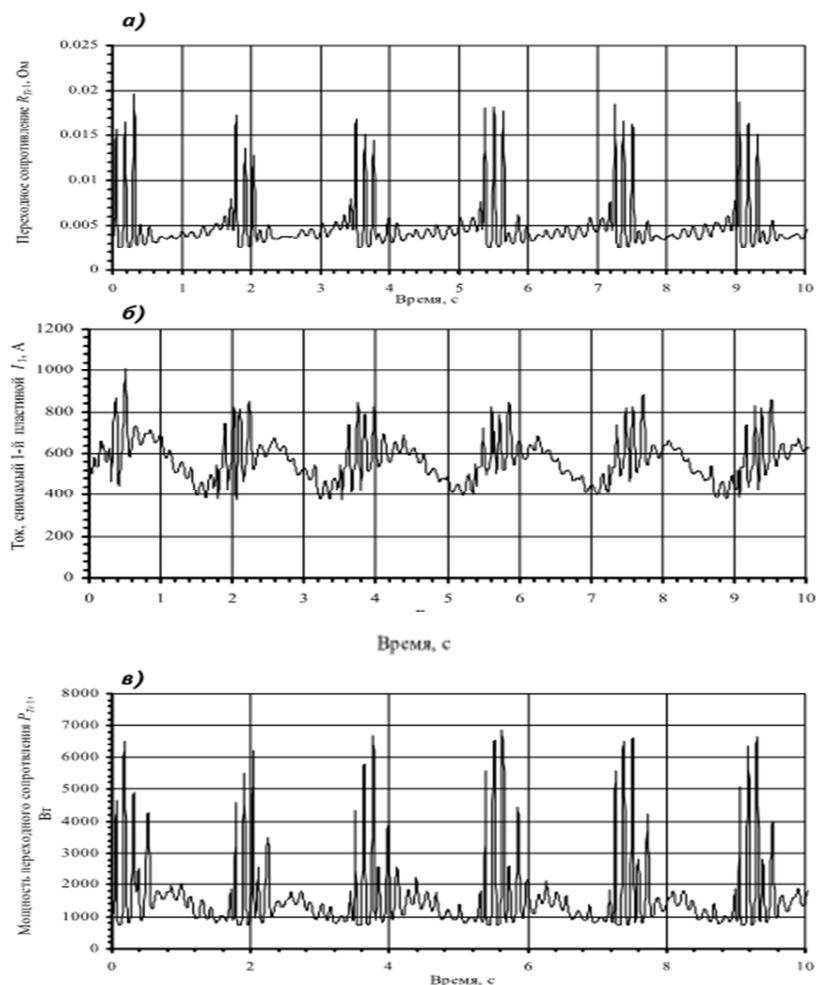


Рисунок 7 - Графики зависимостей от времени для первых 10 с: а) переходного сопротивления контактный провод - первая пластина R_{Tri} ; б) тока, снимаемого первой пластиной I_i ; в) мощности резистивного нагрева P_{Tri} в данном переходном сопротивлении R_{Tri} .
Figure 7 - Graph of the time dependence for the first 10 s: a) the transient resistance of the contact wire - the first plate R_{Tri} ; b) the current removed by the first plate I_i ; c) the resistive heating power P_{Tri} in this transient resistance R_{Tri} .

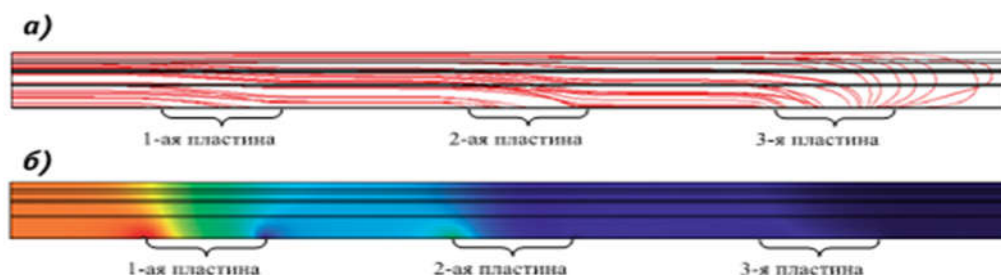


Рисунок 8 - Эпюра распределения линий плотности тока j в контактном проводе (а) и эпюра поля Q_{Me} объемной плотности мощности резистивного нагрева от собственного сопротивления (б).
Figure 8 - Plot distribution of current density lines j in the contact wire (a) and the plot of the q_{me} field of bulk density power resistive heating from its own resistance (b).

Из графиков на рис. 7 видно, что переходные сопротивления контактный провод - токосъемная пластина R_{Tri} , зависящие от силы нажатия пластины на

контактный провод, превышают значения собственных сопротивлений полоза R_{Mei} относительно пластин более чем на порядок. Соответственно резистивные мощности в переходных сопротивлениях превышают резистивную мощность внутри полоза от собственного сопротивления.

Выводы. После анализа влияния на токораспределение по пластинам сил их нажатия на контактный провод можно сделать вывод, что, чем более равномерно распределено нажатие, тем более равномерно распределена токовая нагрузка

между пластинами. Если нажатие распределено между пластинами неравномерно, то на пластину с большим нажатием приходится большая часть тока ЭПС, а на пластину с меньшим нажатием - соответственно меньшая. Таким образом, распределение силы нажатия полоза токоприемника на контактный провод между токоъемными пластинами играет первостепенную роль в распределении тока в контактном проводе и полозе при токоъеме и в вызываемом этим распределением резистивном нагреве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Купцов Ю.Е. Увеличение срока службы контактного провода. - М.: Транспорт, 1972.- 160 с.
- [2] Верент В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта. -М.: Интекст, 2005. -408 с.
- [3] Хольм Р. Электрические контакты. -М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. -464 с.
- [4] Электротехнический справочник в 3-х т. Т.2. Электротехнические устройства / Под общ. ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др. - М.: Энергоиздат, 1981.- 640 с.
- [5] Справочная система Comsol Multiphysics 3.5a.
- [6] Джексон Дж. Классическая электродинамика: Пер. с англ.- М.: Мир, 1965. -703 с.
- [7] Ефимов А.В., Галкин А.Г., Веселов В.В. Подготовка испытаний КС-200 на компьютерной модели КСТ-УрГУПС// Вестник ВНИИЖТ. 2000. Вып. 4. С. 32 — 36.
- [8] Ефимов Д.А. Учет изгибной жесткости контактного провода в моделировании контактной подвески// Транспорт Урала. 2009. № 1 (20). С. 79 — 82.

REFERENCES

- [1] Kupczov Yu.E. Uvelichenie sroka sluzhby` kontaktnogo provoda. [In Russian: Increasing the service life of the contact wire.] Transport, 1972. S. 1—160
- [2] Verent V.Ya. Materialy` i svojstva e`lektricheskikh kontaktov v ustrojstvakh zheleznodorozhnogo transporta. [In Russian: Materials and properties of the electrical contacts in the devices of railway transport.] Intekst, 2005. 408 s.
- [3] .Khol`m R. E`lektricheskie kontakty`. M.: Izd-vo inostrannoj literatury`. [In Russian: Electrical contact`. M: publishing house of foreign literature`, 1961. 464 s.
- [4] Gerasimova, P.G. Grudinskogo, L.A. Zhukova i dr. E`lektrotekhnicheskij spravochnik v 3-kh t. T.2. E`lektrotekhnicheskije ustrojstva . [In Russian: E`lectrotechnical Handbook in 3 vols. 2. E elektrotekhnicheskije device] M.: E`nergoizdat, 1981. 640 s.
- [5] Spravochnaya sistema Comsol Multiphysics. [In Russian: Comsol Multiphysics reference system] 3.5a.
- [6] Dzhekson Dzh. Klassicheskaya e`lektrodinamika: Per. s angl. [In Russian: Classical electrodynamics: Transl. with English] M.: Mir, 1965. 703 s.
- [7] Efimov A.V., Galkin A.G., Veselov V.V. Podgotovka ispy`tanij KS-200 na komp`yuternoj modeli KST-UrGUPS// Vestnik VNIIZhT. 2000. Vy`p. 4. [In Russian: Preparation of KS-200 tests on the KST-UrGUPS computer model // Vestnik VNIIZHT . 2000. release. FourS. 32 — 36.
- [8] Efimov D.A. Uchet izgibnoj zhestkosti kontaktnogo provoda v modelirovanii kontaktnoj podveski// Transport Urala.. [In Russian: Consideration of the Flexural stiffness of the contact wire in the modeling of the contact suspension 2009. Transport Urala.] 1 (20). S. 79 — 82.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕРХНЕГО УЗЛА ТОКОПРИЕМНИКА ПРИ ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКОЙ

Абдуллаев Сейдулла Сейдеметович- д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, seidulla@mail.ru.

Райынбекова Айгерим Аслановна- магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, aigerimrain@mail.ru.

Асилбай Жалғас Алмасұлы- магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан.

ТОҚ ҚАБЫЛДАҒЫШТЫҢ ЖОҒАРҒЫ ТҮЙІНІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОНЫҢ ТҮЙІСПЕЛІ АСПАМЕН ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ КЕЗІНДЕ АНЫҚТАУ

Абдуллаев Сейдулла Сейдеметович – т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, seidulla@mail.ru

Райынбекова Айгерім Аслановна – магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, aigerimrain@mail.ru.

Әсілбай Жалғас Алмасұлы – магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы

Андатпа. Бұл мақалада тоқ алу кезінде токтың тығыздық өрісін анықтау электр тогының жылулық (резистивті) әсерін есептеуге ғана келді. Бұл әдістемелерге ток түсіретін пластиналар арасында контактiлi сымға басу күшiнiң таралуын есептеу үшiн түйiспелi сымдардың иiлмелi қаттылығын есепке алу мiндеттi түрде енгiзiлуi қажет, сондықтан тоқ қабылдағыштың тiзбектi аспамен механикалық өзара әрекеттесу динамикасын есептеудiң қолданыстағы әдiстемесiн жетiлдiру қажет.

Түйiн сөздер: тоқалғыш - электр энергиясын канализациялық тоқ құрылғыларынан энергия алушыларға (тоқ қабылдағыштарға), электр жылжымалы құрамның электр жабдықтарына беру процесi.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.89-97

ASYNCHRONOUS POWER DRIVE FOR LOCOMOTIVES

ZHeksembi Ibraev, Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; ibraev59@mail.ru;

Nurbek Jakupov, Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; Nurbek78@yandex.ru;

Dariga Kushtaeva, Lecturer, Almaty Transport College KazATK named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; 906_dariga_996@mail.ru.

Abstract. The article discusses the use of asynchronous traction motors. The use of squirrel-cage induction motors instead of traditional DC traction motors is one of the main directions in the development of modern locomotive engineering. The use of asynchronous traction motors (ATD), powered by rectifier-inverter converters, can reduce operating costs and improve the traction quality of locomotives, but it causes a number of specific dynamic loads of the electric drive in various operating modes.

Until recently, the main element of the energy circuit of a locomotive was a direct current traction motor, the electromechanical characteristics of which best satisfy the conditions of traction. However, collector traction motors are components with relatively low reliability indicators, as are among the most stressful machines for heating, mechanical strength and switching among electric machines. Currently, rolling stock with brushless traction electric motors, mainly asynchronous traction electric motors (TED), is widely introduced around the world.

Keywords: asynchronous traction motor, locomotive, electric drive, dynamic modes, traction electric drive.

УДК 629.423

Ж.С. Ибраев¹, Н.Р. Джакупов¹, Д.С. Куштаева²

¹Казакская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

²Алматинский транспортный колледж Казахской академии транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

АСИНХРОННЫЙ ТЯГОВЫЙ ПРИВОД ЛОКОМОТИВОВ

Аннотация. В статье рассматривается применение асинхронных тяговых двигателей. Использование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором вместо

традиционных тяговых двигателей постоянного тока является одним из основных направлений развития современного локомотивостроения. Применение асинхронных тяговых двигателей (АТД), питаемых от выпрямительно-инверторных преобразователей, позволяет снизить эксплуатационные расходы и улучшить тяговые качества локомотивов, однако вызывает ряд специфических динамических нагрузок электропривода в различных режимах работы.

Ключевые слова: асинхронный тяговый двигатель, локомотив, электропривод, динамические режимы, тяговый электропривод.

До последнего времени основным элементом энергетической цепи локомотива являлся тяговый электродвигатель постоянного тока, электромеханическая характеристика которого в наилучшей степени удовлетворяет условиям тяги. Однако, коллекторные тяговые электродвигатели являются узлами с относительно низкими показателями надежности, т.к. относятся к числу наиболее напряженных машин по нагреву, механической прочности и коммутации среди электрических машин. В настоящее время во всем мире широко внедряется подвижной состав с бесколлекторными тяговыми электродвигателями, преимущественно асинхронными тяговыми электродвигателями (ТАД). Такой тяговый электропривод позволяет заметно улучшить эксплуатационные качества силового электрооборудования локомотивов: в 2.4 раза снижаются затраты на ремонт и обслуживание электродвигателей; уменьшаются их весогабаритные показатели; за счет регулирования момента можно более эффективно использовать сцепление колес с рельсами; на номинальном режиме работы асинхронный тяговый электродвигатель по сравнению с коллекторным имеет более высокое значение КПД.

В рамках реализации ряда инновационных проектов в Казахстане осуществляется трансферт технологий ведущих мировых компаний, инновационных лидеров в области высокотехнологического производства тягового подвижного состава таких, как

General Electric, Alstom и т.д., с асинхронными тяговыми двигателями.

Использование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором вместо традиционных тяговых двигателей постоянного тока является одним из основных направлений развития современного локомотивостроения. В рамках этой программы в Казахстане начато освоение производства магистральных тепловозов и грузовых электровозов с асинхронным тяговым приводом. Применение асинхронных тяговых двигателей (АТД), питаемых от выпрямительно-инверторных преобразователей, позволяет снизить эксплуатационные расходы и улучшить тяговые качества локомотивов, однако вызывает ряд специфических динамических нагрузок электропривода в различных режимах работы [1].

Динамические режимы в электрической части привода могут привести не только к значительным токовым перегрузкам элементов электрооборудования, но и к возникновению ударных усилий и поломкам механической передачи. Несмотря на наличие в преобразовательных установках, питающих АТД, нескольких видов защит, полностью исключить такие режимы не удается, поэтому с целью повышения надежности привода целесообразно исследовать динамику этих процессов на стадии проектирования.

Асинхронный тяговый привод (АТП) локомотива является сложной динамической системой, наиболее распространенная структура которой представлена в общем виде на рисунке 1.

Первичным источником питания ИП для электровоза служит контактная сеть, а для тепловоза — дизель-генераторная установка. Далее в схему входят: выпрямитель (В); промежуточное звено постоянного тока (ПЗПТ); автономный инвертор АИ; асинхронный тяговый двигатель (АТД), вращающий момент от

которого передается механической передаче (МП) и нагрузке (Н) (локомотиву и поезду) через контакт колесо — рельс; сигналы управления для вентилей выпрямителя и инвертора формируются под контролем системы управления (СУ), обрабатывающей сигналы с датчиков.

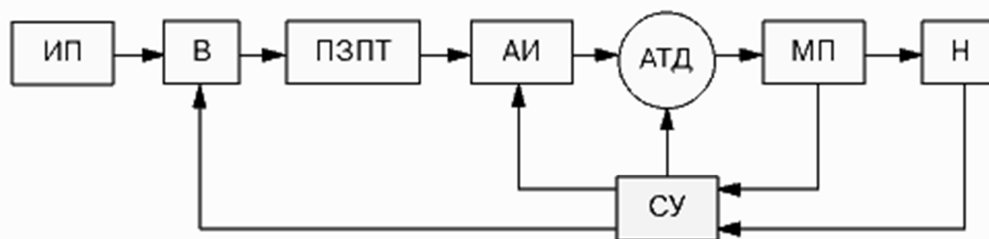


Рис.1 – Структурная схема АТП локомотива
Fig.1 – Flow diagram of ATP of locomotive

В настоящее время электропривод абсолютного большинства систем может быть выполнен на основе асинхронного короткозамкнутого двигателя с тиристорным преобразователем частоты. Развитие силовой полупроводниковой техники, в частности, разработки технологий изготовления силовых запираемых тиристоров (GTO - тиристоров) и биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT - транзисторов), сделало возможным создание мощных энергетических систем с асинхронным приводом и управлением практически любой степени сложности. По сравнению с электроприводом постоянного тока достоинствами системы преобразователь частоты - асинхронный двигатель являются простота в эксплуатации и относительно низкая стоимость электродвигателя; недостатками - сложность и высокая стоимость силовой части преобразователя частоты [1,2,3].

Динамические режимы в электрической части привода могут привести не только к значительным токовым перегрузкам элементов электрооборудования, но и к возникновению ударных усилий и поломкам механической передачи. Несмотря на наличие в преобразовательных установках,

питающих АТД, нескольких видов защит, полностью исключить такие режимы не удастся, поэтому с целью повышения надежности привода целесообразно исследовать динамику этих процессов на стадии проектирования.

Асинхронный тяговый привод (АТП) локомотива является сложной динамической системой, наиболее распространенная структура которой представлена в общем виде на рисунке 1. Первичным источником питания ИП для электровоза служит контактная сеть, а для тепловоза — дизель-генераторная установка. Далее в схему входят: выпрямитель (В); промежуточное звено постоянного тока (ПЗПТ); автономный инвертор АИ; асинхронный тяговый двигатель (АТД), вращающий момент от которого передается механической передаче (МП) и нагрузке (Н) (локомотиву и поезду) через контакт колесо — рельс; сигналы управления для вентилей выпрямителя и инвертора формируются под контролем системы управления (СУ), обрабатывающей сигналы с датчиков.

Процессы в электрической, механической и управляющей подсистемах тягового привода взаимосвязаны и взаимообусловлены, поэтому рассматривать их необходимо в единой электромеханической постановке. Для

исследования целесообразно использовать математическое моделирование на ЭВМ.

Опыт показывает, что наиболее вероятными и наименее изученными являются нештатные режимы в инверторе [1, 2], причем сам характер динамических процессов существенно зависит от того, какая электрическая схема использована: с инвертором напряжения или тока.

При эксплуатации электродвигателей в них по разным причинам возникают неисправности, которые могут привести к перерывам в работе станков и других производственных механизмов. Для того чтобы такие перерывы возможно меньше сказывались на выполнении предприятием производственных планов, необходимо уметь быстро найти причину неисправности и устранить ее.

Необходимость в быстрейшем устранении повреждений обуславливается также и тем, что работа электродвигателя, имеющего небольшое повреждение, может привести к развитию повреждения и необходимости более сложного ремонта.

Чтобы определить объем ремонта асинхронного электродвигателя, необходимо выявить характер его неисправностей. Неисправности асинхронного двигателя разделяют на внешние и внутренние.

К внешним неисправностям относятся:

- перегорание плавкой вставки предохранителя;
- обрыв одного или нескольких проводов, соединяющих асинхронный двигатель с сетью, или неправильное соединение;
- неисправности аппаратуры пуска или управления, пониженное или повышенное напряжение питающей сети;
- перегрузка асинхронного двигателя;
- плохая вентиляция.

Внутренние неисправности асинхронного двигателя могут быть механическими и электрическими.

Механические повреждения:

- нарушение работы подшипников;
- деформация или поломка вала ротора (якоря);
- разбалтывание пальцев щеткодержателей;
- образование глубоких выработок («дорожек») на поверхности коллектора и контактных колец;
- ослабление крепления полюсов или сердечника статора к станине; обрыв или сползание проволочных бандажей роторов (якорей);
- трещины и подшипниковых щитах или в станине и др.

Электрические повреждения:

- межвитковые замыкания;
- обрывы в обмотках;
- пробой изоляции на корпус;
- старение изоляции;
- распайка соединений обмотки с коллектором;
- неправильная полярность полюсов;
- неправильные соединения в катушках и др.

Наиболее распространенные неисправности асинхронных электродвигателей выявленные в процессе эксплуатации электровозов серии КЗА и тепловозов серии ТЭ33А:

1. Перегрузка или перегрев статора электродвигателя - 31%.
2. Межвитковое замыкание - 15%.
3. Повреждения подшипников - 12%.
4. Повреждение обмоток статора или изоляции - 11%.
5. Неравномерный воздушный зазор между статором и ротором - 9%.
6. Работа электродвигателя на двух фазах - 8%.
7. Обрыв или ослабление крепления стержней в беличьей клетке - 5%.
8. Ослабление крепления обмоток статора - 4%.
9. Дисбаланс ротора электродвигателя - 3%.
10. Несоосность валов - 2%

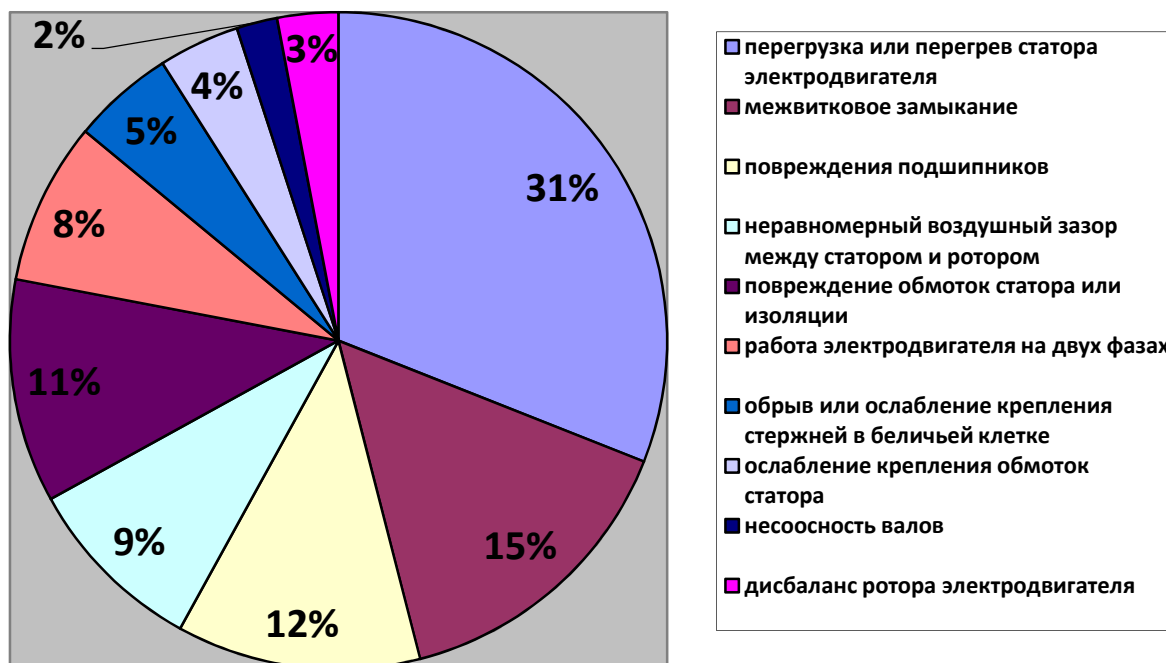


Рис. 2 - Неисправности асинхронных электродвигателей
Fig. 2 - Disrepairs of asynchronous electric motors

Ниже приведено краткое описание некоторых неисправностей в электродвигателях, возможные причины их возникновения.

Двигатель при пуске не вращается или скорость его вращения ненормальная. Причинами указанной неисправности могут быть механические и электрические неполадки.

- К электрическим неполадкам относятся: внутренние обрывы в обмотке статора или ротора, обрыв в питающей сети, нарушения нормальных соединений в пусковой аппаратуре. При обрыве обмотки статора в нем не будет создаваться вращающееся магнитное поле, а при обрыве в двух фазах ротора в обмотке последнего не будет тока, взаимодействующего с вращающимся полем статора, и двигатель не сможет работать. Если обрыв обмотки произошел во время работы двигателя, он может продолжать работать с номинальным вращающим моментом, но скорость вращения сильно понизится, а сила тока настолько увеличится, что при отсутствии максимальной защиты может перегореть обмотка статора или ротора.

В случае соединения обмоток двигателя в треугольник и обрыва одной из его фаз двигатель начнет вращаться, так как его обмотки окажутся соединенными в открытый треугольник, при котором образуется вращающееся магнитное поле, сила тока в фазах будет неравномерной, а скорость вращения — ниже номинальной. При этой неисправности ток в одной из фаз в случае номинальной нагрузки двигателя будет в 1,73 раза больше, чем в двух других. Когда у двигателя выведены все шесть концов его обмоток, обрыв в фазах определяют мегаомметром. Обмотку разъединяют и измеряют сопротивление каждой фазы.

Скорость вращения двигателя при полной нагрузке ниже номинальной может быть из-за пониженного напряжения сети, плохих контактов в обмотке ротора, а также из-за большого сопротивления в цепи ротора у двигателя с фазным ротором. При большом сопротивлении в цепи ротора возрастает скольжение двигателя и уменьшается скорость его вращения.

Сопротивление в цепи ротора увеличивают плохие контакты в щеточном

устройстве ротора, пусковом реостате, соединениях обмотки с контактными кольцами, пайках лобовых частей обмотки, а также недостаточное сечение кабелей и проводов между контактными кольцами и пусковым реостатом.

Плохие контакты в обмотке ротора можно выявить, если в статор двигателя подать напряжение, равное 20—25% номинального. Заторможенный ротор медленно поворачивают вручную и проверяют силу тока во всех трех фазах статора. Если ротор исправен, то при всех его положениях сила тока в статоре одинакова, а при обрыве или плохом контакте будет изменяться в зависимости от положения ротора.

Плохие контакты в пайках лобовых частей обмотки фазного ротора определяют методом падения напряжения. Метод основан на увеличении падения напряжения в местах недоброкачественной пайки. При этом замеряют величины падения напряжения во всех местах соединений, после чего результаты измерений сравнивают. Пайки считаются удовлетворительными, если падение напряжения в них превышает падение напряжения в пайках с минимальными показателями не более чем на 10%.

У роторов с глубокими пазами может также происходить разрыв стержней из-за механических перенапряжений материала. Разрыв стержней в пазовой части короткозамкнутого ротора определяют следующим образом. Ротор выдвигают из статора и в зазор между ними забивают несколько деревянных клиньев, чтобы ротор не мог повернуться. К статору подводят пониженное напряжение не более 0,25 $U_{ном}$. На каждый паз выступающей части ротора поочередно накладывают стальную пластину, которая должна перекрывать два зубца ротора. Если стержни целые, пластину будет притягиваться к ротору и дребезжать. При наличии разрыва притяжение и дребезжание пластины исчезают.

Двигатель вращается при разомкнутой цепи фазного ротора. Причина неисправности — короткое замыкание в обмотке ротора. При включении двигатель медленно вращается, а его обмотки сильно нагреваются, так как в замкнутых накоротко витках вращающимся полем статора наводится ток большой величины. Короткие замыкания возникают между хомутиками лобовых частей, а также между стержнями при пробое или ослаблении изоляции в обмотке ротора.

Это повреждение определяют тщательным внешним осмотром и измерением сопротивления изоляции обмотки ротора. Если при осмотре не удается обнаружить повреждение, то его определяют по неравномерному нагреву обмотки ротора на ощупь, для чего ротор затормаживают, а к статору подводят пониженное напряжение.

Равномерный нагрев всего двигателя выше допустимой нормы может получиться в результате длительной перегрузки и ухудшения условий охлаждения. Повышенный нагрев вызывает преждевременный износ изоляции обмоток.

Местный нагрев обмотки статора, который обычно сопровождается сильным гудением, уменьшением скорости вращения двигателя и неравномерными токами в его фазах, а также запахом перегретой изоляции. Эта неисправность может возникнуть в результате неправильного соединения между собой катушек в одной из фаз, замыкания обмотки на корпус в двух местах, замыкания между двумя фазами, короткого замыкания между витками в одной из фаз обмотки статора.

При замыканиях в обмотках двигателя вращающимся магнитным полем в короткозамкнутом контуре будет наводиться э. д. с, которая создаст ток большой величины, зависящий от сопротивления замкнутого контура. Поврежденная обмотка может быть найдена по величине измеренного

сопротивления, при этом поврежденная фаза будет иметь меньшее сопротивление, чем исправные. Сопротивление измеряют мостом или методом амперметра — вольтметра. Поврежденную фазу можно также определить методом измерения тока в фазах, если к двигателю подвести пониженное напряжение.

При соединении обмоток в звезду ток в поврежденной фазе будет больше, чем в других. Если обмотки соединены в треугольник, линейный ток в двух проводах, к которым присоединена поврежденная фаза, будет больше, чем в третьем проводе. При определении указанного повреждения у двигателя с короткозамкнутым ротором последний может быть заторможенным или вращаться, а у двигателей с фазным ротором обмотка ротора может быть разомкнута. Поврежденные катушки определяют по падению напряжения на их концах: на поврежденных катушках падение напряжения будет меньше, чем на исправных.

Местный нагрев активной стали статора происходит из-за выгорания и оплавления стали при коротких замыканиях в обмотке статора, а также при замыкании листов стали вследствие задевания ротора о статор во время работы двигателя или вследствие разрушения изоляции между отдельными листами стали. Признаками задевания ротора о статор являются дым, искры и запах гари; активная сталь в местах задевания приобретает вид полированной поверхности; появляется гудение, сопровождающееся вибрацией двигателя. Причиной задевания служит нарушение нормального зазора между ротором и статором в результате износа подшипников, неправильной их установки, большого изгиба вала, деформации стали статора или ротора, одностороннего притяжения ротора к статору из-за витковых замыканий в обмотке статора, сильной вибрации ротора, который определяют щупом.

Ненормальный шум в двигателе. Нормально работающий двигатель издает равномерное гудение, которое характерно для всех машин переменного тока. Возрастание гудения и появление в двигателе ненормальных шумов могут явиться следствием ослабления запрессовки активной стали, пакеты которой будут периодически сжиматься и ослабляться под воздействием магнитного потока. Для устранения дефекта необходимо перепрессовать пакеты стали. Сильное гудение и шумы в машине могут быть также результатом неравномерности зазора между ротором и статором.

Повреждения изоляции обмоток могут произойти от длительного перегрева двигателя, увлажнения и загрязнения обмоток, попадания на них металлической пыли, стружек, а также в результате естественного старения изоляции. Повреждения изоляции могут вызвать замыкания между фазами и витками отдельных катушек обмоток, а также замыкание обмоток на корпус двигателя.

Увлажнение обмоток происходит в случае длительных перерывов в работе двигателя, при непосредственном попадании в него воды или пара в результате хранения двигателя в сыром неотопляемом помещении и т. д.

Металлическая пыль, попавшая внутрь машины, создает токопроводящие мостики, которые постепенно могут вызвать замыкания между фазами обмоток и на корпус. Необходимо строго соблюдать сроки осмотров и планово-предупредительных ремонтов двигателей.

Сопротивление изоляции обмоток двигателя напряжением до 1000 В не нормируется, изоляция считается удовлетворительной при сопротивлении 1000 Ом на 1 В номинального напряжения, но не менее 0,5 Мом при рабочей температуре обмоток. Замыкание обмотки на корпус двигателя обнаруживают мегаомметром, а место замыкания —

способом «прожигания» обмотки или методом питания ее постоянным током.

Способ «прожигания» заключается в том, что один конец поврежденной фазы обмотки присоединяют к сети, а другой — к корпусу. При прохождении тока в месте замыкания обмотки на корпус образуется «прожог», появляются дым и запах горелой изоляции.

Двигатель не идет в ход в результате перегорания предохранителей в обмотке якоря, обрыва обмотки сопротивления в пусковом реостате или нарушения контакта в подводящих проводах. Обрыв обмотки сопротивления в пусковом реостате обнаруживают контрольной лампой или мегомметром.

Заводы-изготовители электродвигателей в своих инструкциях по эксплуатации обычно приводят перечень основных неисправностей, которые могут иметь место при работе электродвигателя, и дают рекомендации по их устранению.

Вывод. Использование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором вместо традиционных тяговых двигателей постоянного тока является одним из

основных направлений развития современного локомотивостроения. Такой тяговый электропривод позволяет заметно улучшить эксплуатационные качества силового электрооборудования локомотивов: в 2.4 раза снижаются затраты на ремонт и обслуживание электродвигателей; уменьшаются их весогабаритные показатели; за счет регулирования момента можно более эффективно использовать сцепление колес с рельсами; на номинальном режиме работы асинхронный тяговый электродвигатель по сравнению с коллекторным имеет более высокое значение КПД.

При эксплуатации электродвигателей в них по разным причинам возникают неисправности, которые могут привести к перерывам в работе станков и других производственных механизмов. Для того чтобы такие перерывы возможно меньше сказывались на выполнении предприятием производственных планов, необходимо уметь быстро найти причину неисправности и устранить ее.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями / Под ред. Н. А. Ротанова.- М.: Транспорт, 1991. -336 с.
- [2] Федяева Г. А. Динамические нагрузки в асинхронном тяговом приводе маневрового тепловоза при аварийных режимах в системе электропитания / Дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. БГТУ.- Брянск, 2001. -219 с.
- [3] Сигорский В. П., Петренко А. И. Алгоритмы анализа электронных схем.- М.: Советское радио, 1976. -608 с.
- [4] Математическое моделирование динамики электровозов / А. Г. Никитенко, Е. М. Плохов, А. А. Зарифьян, Б. И. Хоменко.- М.: Высшая школа, 1998. -273 с.
- [5] Универсальный метод расчета электромагнитных процессов в электрических машинах / А. В. Иванов-Смоленский, Ю. В. Абрамкин, А. И. Власов, В. А. Кузнецов; Под ред. А. В. Иванова-Смоленского.- М.: Энергоатомиздат, 1986. -216 с.
- [6] Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин.- М.: Высшая школа, 1987. - 248 с.
- [7] Воробьев В. И., Ивахин А. И., Семаков В. В. Комплексная экспериментальная установка для исследования динамических процессов в тяговом приводе локомотива с бесколлекторными электродвигателями / Деп. в ИНФОРМЭЛЕКТРО, № 147-эт 88. 1989. 16 с.
- [8] Д-р техн. наук Г. С. Михальченко, кандидаты техн. наук Г. А. Федяева, А. И. Власов «Вестник ВНИИЖТ», 2002

REFERENCES

- [1] Elektropodvijnoi sostav s asinhronnymi tiagovymi dvigateliami / Pod red. N. A. Rotanova. M.: Transport, 1991. 336 s.
- [2] Fediaeva G. A. Dinamicheskie nagruzki v asinhronnom tiagovom privode manevrovogo teplovoza pri avarijnyh rejimah v sisteme elektropitanija / Dis. na soiskanie ychenoi stepeni kand. tehn. nayk. BGTU. Bryansk, 2001. 219 s.

- [3] Sigorski V. P., Petrenko A. I. Algoritmy analiza elektronnyh shem. M.: Sovetskoe radio, 1976. 608 s.
- [4] Matematicheskoe modelirovanie dinamiki elektrovozov / A. G. Nikitenko, E. M. Plovov, A. A. Zarifian, B. I. Homenko. M.: Vysshaya shkola, 1998. 273 s.
- [5] Úniversalnyy metod rascheta elektromagnitnyh protsessov v elektricheskikh mashinah / A. V. Ivanov-Smolenskiy, Iy. V. Abramkin, A. I. Vlasov, V. A. Kýznetsov; Pod red. A. V. Ivanova-Smolenskogo. M.: Energoatomizdat, 1986. 216 s.
- [6] Kopylov I. P. Matematicheskoe modelirovanie elektricheskikh mashin. M.: Vysshaya shkola, 1987. 248 s.
- [7] Vorobev V. I., Ivahin A. I., Semakov V. V. Kompleksnaya eksperimentalnaya ústanovka dlia issledovaniya dinamicheskikh protsessov v tiagovom privode lokomotiva s beskollektornymi elektrodvigateliami / Dep. v INFORMELEKTRO, № 147-et 88. 1989. 16 s.
- [8] D-r tehn. naýk G. S. Mihalchenko, kandidaty tehn. naýk G. A. Fedieva, A. I. Vlasov «Vestnik VNIIT», 2002

АСИНХРОННЫЙ ТЯГОВЫЙ ПРИВОД ЛОКОМОТИВОВ

Ибраев Жексембы Саукенович, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

Джакупов Нурбек Рахимджанович, к.т.н., ассоциированный профессор КазАТК, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

Куштаева Дариға Серікқызы, преподаватель, Алматинский транспортный колледж КазАТК им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

ЛОКОМОТИВТЕРДІҢ АСИНХРОНДЫ ТАРТҚЫШ ЖЕТЕГІ

Ибыраев Жексембі Саукенұлы, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

Жақыпов Нұрбек Рахимжанұлы, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

Куштаева Дариға Серікқызы, оқытушы, М. Тынышбаев атындағы ҚазККА Алматы көлік колледжі, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада асинхронды тартым қозғалтқыштардың қолданылуы қарастырылады. Тұрақты токтың дәстүрлі тартым қозғалтқыштарының орнына қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштарды пайдалану қазіргі заманғы локомотив жасауды дамытудың негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Түзеткіш-инверторлы түрлендіргіштерден коректенетін асинхронды тартым қозғалтқыштарды (АТК) қолдану пайдалану шығындарын азайтуға және локомотивтердің тартым сапасын жақсартуға мүмкіндік береді, алайда әртүрлі жұмыс режимдерінде электр жетегінің ерекше динамикалық жүктемелерін тудырады.

Түйін сөздер: асинхронды тартым қозғалтқыш, локомотив, электр жетегі, динамикалық режимдер, тартым электр жетегі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.97-106

RUBBER-METAL VIBRATION ABSORBER FOR AXLE BOX OF FREIGHT WAGONS

YErzhan Adilkhanov, PhD, Kazakh academy of transport and communication named after. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, adilhanov@mail.ru

Kairat Zhakupov, Cand.Sci.(Eng.), Kazakh academy of transport and communication named after. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, zhakupov_kairat@mail.ru

Sholpan Sekerova, Eng., Kazakh academy of transport and communication named after. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, sholpan_0184@mail.ru

Abstract. Since 2000, due to the urgent need, research and development organizations have developed projects for various freight carriage trolleys with improved dynamic qualities and increased turnaround times. Variants of trolleys with reinforced load-bearing elements, elastic-roller supporting devices (side members), central spring suspension with a modified vibration damping system, a modified connection of the side frame and axle box assembly, etc. are proposed.

Currently, flexible rubber-metal elements installed between the axle box and the side frame are widely used.

Such elements are made both in the form of simple polyurethane linings, and in the form of multilayer rubber-metal gaskets. During operation, they realize compliance in three linear and three angular directions.

This article is devoted to a simulation model of a polymer layer of a rubber-metal vibration absorber, designed to be installed between the side frame and the axle box of three-element carts of freight cars operated in the territory of the Commonwealth of Independent States.

The model developed in this article consists of rheological models of a Maxwell cell, a Fancher spring, and an element imitating nonlinearity.

The adequacy of the developed model was verified by comparing the hysteresis obtained in testing a real polymer material with the hysteresis obtained in the simulation.

The simulation model can be used to study the characteristics of vibration dampers, gaskets, and other power elements that have polymer properties and are installed between the rubbing elements of transport.

Keywords: polymer, hysteresis, freight car, vibration damping, traffic safety, wear

УДК 629.45; 629.016

Е.Г. Адильханов¹, К.Б. Жакупов¹, Ш.А. Секерова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОГЛОТИТЕЛЬ ВИБРАЦИЙ БУКСОВОГО УЗЛА ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Аннотация. Настоящая статья посвящена имитационной модели полимерного слоя резинометаллического поглотителя вибраций, предназначенного для установки между боковой рамой и буксовым узлом трехэлементных тележек грузовых вагонов, эксплуатируемых на территории Содружества независимых государств.

Разработанная в данной статье модель состоит из реологических моделей ячейки Максвелла, рессоры Фанчера и элемента, имитирующего нелинейность.

Выполнена проверка адекватности разработанной модели путем сравнения гистерезиса, полученного при испытаниях реального полимерного материала с гистерезисом, полученным при моделировании.

Имитационная модель может быть использована при исследовании характеристик гасителей колебаний, прокладок и других силовых элементов, имеющих свойства полимера и устанавливаемые между трущимися элементами транспорта.

Ключевые слова: полимер, гистерезис, грузовой вагон, демпфирование колебаний, безопасность движения, износ

С 2000 года, в связи с острой необходимостью, научно-исследовательские и конструкторские организации разработали проекты различных тележек грузовых вагонов с улучшенными динамическими качествами и увеличенным межремонтным пробегом. Предложены варианты тележек с усиленными несущими элементами, упругороликовыми опорными устройствами (скользунами), центральным рессорным подвешиванием с измененной системой гашения колебаний, измененной

связью боковой рамы и буксового узла и т.д [1-4].

В настоящее время широкое распространение получили податливые резинометаллические элементы, устанавливаемые между буксой и боковой рамой.

Такие элементы исполняются как в виде простых полиуретановых накладок, так и в виде многослойных резинометаллических прокладок. В процессе эксплуатации они реализуют податливость в трех линейных и трех угловых направлениях.

В настоящее время такие податливые элементы установлены на таких моделях тележек, как Motion Control (США); 18-194, 18-9750, 18-9800, 18-9810 (Россия); 18-7020, 18-4129 (Украина); ZK-1, ZK-2 (Китай) и др..

Предлагаемая конструкция резинометаллического поглотителя вибраций отличается простотой и возможностью установки между буксой и

боковой рамой без внесения изменений в конструкцию тележки.

Для уменьшения износа в узлах трения, и, следовательно, увеличения межремонтного пробега тележки модели 18-100 предлагается установка поглотителей вибраций, выполненных в виде трехслойных прокладок, состоящих из двух стальных и одного полимерного или резинового слоев между буксой и боковой рамой [5] (рис. 1 и 2).

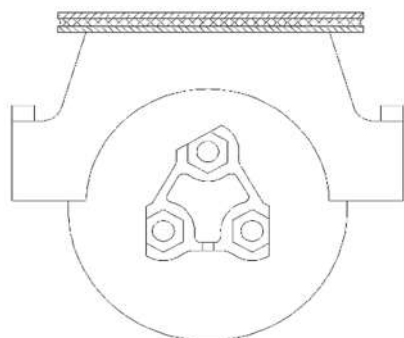


Рисунок 1 – Адаптер в сочетании с износостойким поглотителем вибрации
Figure 1 – Adapter combined with a wear-resistant vibration absorber

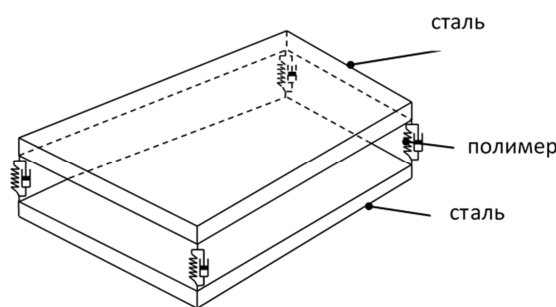


Рисунок 2 – Трехслойный резинометаллический поглотитель вибраций
Figure 2 – Three-layer rubber absorber

В основном, для моделирования упругих элементов используются линейные модели Фойгта, состоящие из параллельно соединенных элементов упругости и вязкости.

Авторами настоящей статьи предпринята попытка разработки компьютерной модели поглотителя,

устанавливаемого между боковой рамой и буксовым узлом тележки грузового вагона, учитывающей нелинейность.

Остановимся на компьютерной модели полимерного слоя, который был реализован при помощи реологической модели Максвелла, модели рессоры Фанчера и элемента нелинейности (рис. 3).

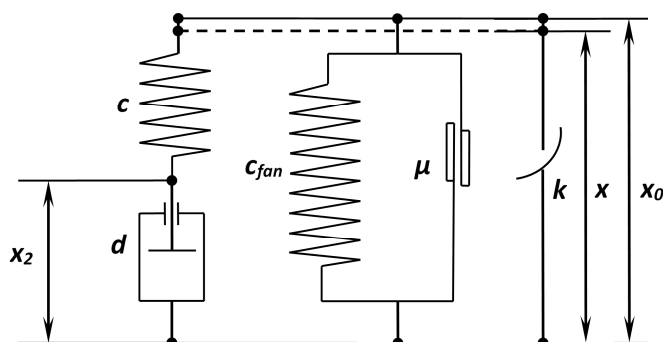


Рисунок 3 – Схема модели полимера
Figure 3 – Polymer model scheme

Модель Максвелла представляет собой последовательное соединение линейных пружины и демпфера, которое используется в основном для моделирования гасителей колебаний, а в параллельном соединении с элементами других типов – для моделирования

резинометаллических элементов, эластомеров и так далее [6]. Математическая модель строится из условия равенства упругой и упругодиссипативной сил и в силу безынерционности силового элемента и включает дифференциальное уравнение

$$d \cdot \dot{x}_2 = c \cdot x_1 \quad (1)$$

где c – жесткость пружины; d – диссипация вязкого элемента, $x_2 = x - x_1$.

Математическая модель рессоры Фанчера, являющаяся некой

модификацией реологической модели параллельно установленных пружины и гасителя сухого трения, строится следующим образом [7]

$$F_{fan,i} = F_{env,i} + (F_{fan,i-1} - F_{env,i-1})e^{-\Delta x_i - \Delta x_{i-1}/\beta} \quad (2)$$

$$F_{env,i} = -c_{fan} \cdot \Delta x_i - F_{fr} \cdot \text{sign}(\Delta x_i - \Delta x_{i-1}) \quad (3)$$

$$F_{fr} = \mu \cdot c_{fan} \cdot \Delta x_i \quad (4)$$

$$\Delta x_i = x_i - x_{0i}$$

где $F_{fan,i}$, $F_{fan,i-1}$ – сила на текущем и предыдущем шаге интегрирования, соответственно; Δx_i , Δx_{i-1} – разность деформаций на текущем и предыдущем шаге интегрирования, соответственно; $F_{env,i}$ – максимальное значение силы при увеличении x (минимальное значение при уменьшении x) на x_i ; μ – коэффициент

трения; c_{fan} – жесткость рессоры; F_{fr} – сила трения; β – экспоненциальный параметр подвешивания (запаздывания).

Для реализации нелинейности (изменения жесткости от деформации) параллельно двум описанным выше элементам, установлен элемент, описываемый зависимостью [8]

$$F_{nl} = \pm k \cdot (x - x_0)^3 \quad (5)$$

здесь k – коэффициент нелинейности, "+" при мягкой, "-" при жесткой характеристике, МН/м³.

С целью проверки адекватности разработанной компьютерной модели было проведено сравнение гистерезиса, полученного при испытаниях реального

полимерного материала (рис. 4) с гистерезисом, полученным путем моделирования (статическое нагружение при следующих значениях показателей: $\mu=0.8$, $c=c_{fan}=9$ МН/м¹, $\beta=0.000002$, $k = -6 \cdot 10^{12}$ Н/м³, $\nu=0.01$ Гц, $d=4500$ Н с/м.) см. рис 5.

¹ Данное значение является наиболее близким к реальной величине

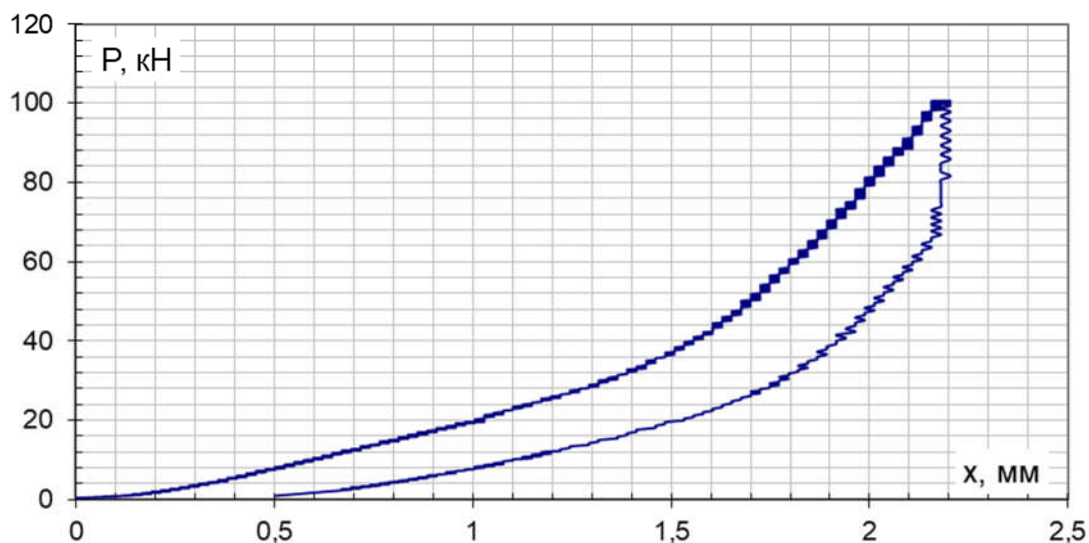


Рисунок 4 – Диаграмма деформирования полимера (эксперимент)
Figure 4 – Polymer strain diagram (experiment)

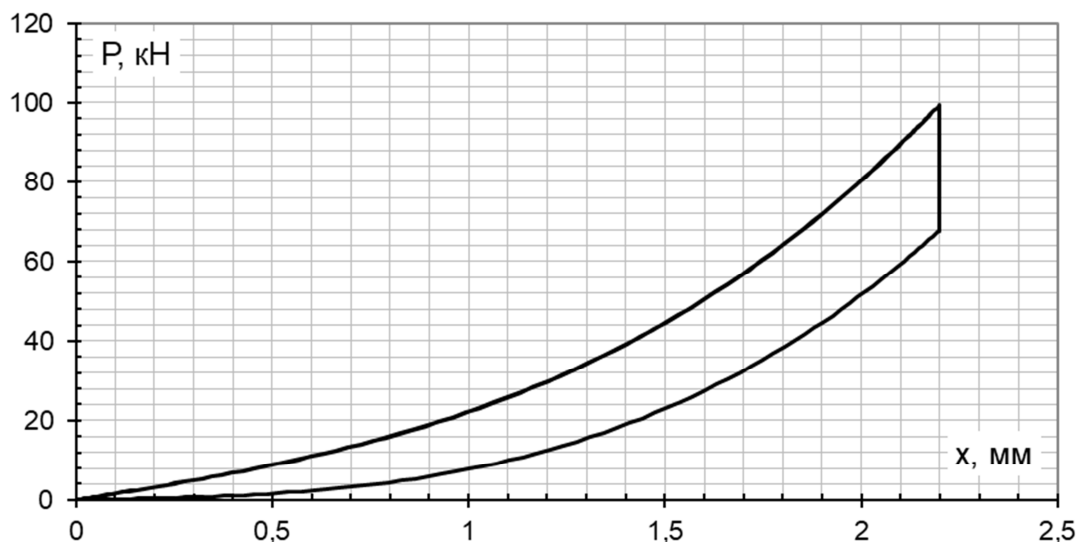


Рисунок 5 – Диаграмма деформирования полимера (моделирование)
Figure 5 – Polymer strain diagram (simulation)

Как видно из рис. 4 и 5, разработанная модель позволяет достаточно точно описать полимерный материал. Кроме того, на данном этапе не важно, какое значение будет у параметра диссипации d , поскольку статическое нагружение выполнялось при низкой частоте.

Далее проведем исследование влияния каждого из параметров системы. На первом этапе исследуем влияние параметра нелинейности и запаздывания

моделированием системы возмещением типа

$$z = - a/2 \cdot (1 - \cos(\omega t)), \quad (6)$$

где a – амплитуда колебаний; ω – частота колебаний.

Так, на рис. 6 показаны результаты моделирования при разных значениях коэффициента нелинейности k , при $\mu=0.25$, $c_{fan}=9$ МН/м, $\beta=0.000002$, $\nu=0.01$ Гц, $a=10$ мм.

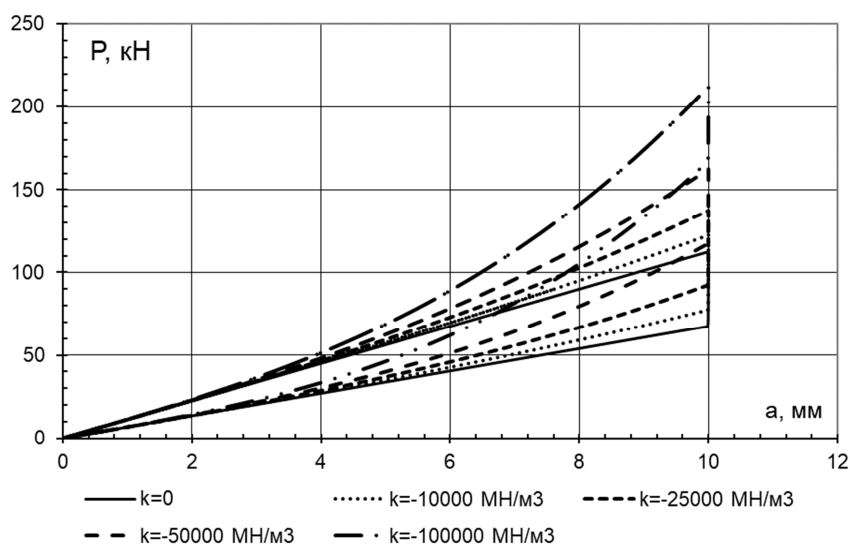


Рисунок 6 – Зависимости силы от деформации элемента
Figure 6 – Dependences of the force on the deformation of the element

Из гистерезисов видно, что увеличение коэффициента нелинейности приводит к увеличению жесткости в зависимости от прогиба, что характерно для полимерных материалов. Величина

силы трения остается при этом неизменной.

Далее проведем оценку влияния параметра запаздывания β . На рис. 7 показаны результаты моделирования.

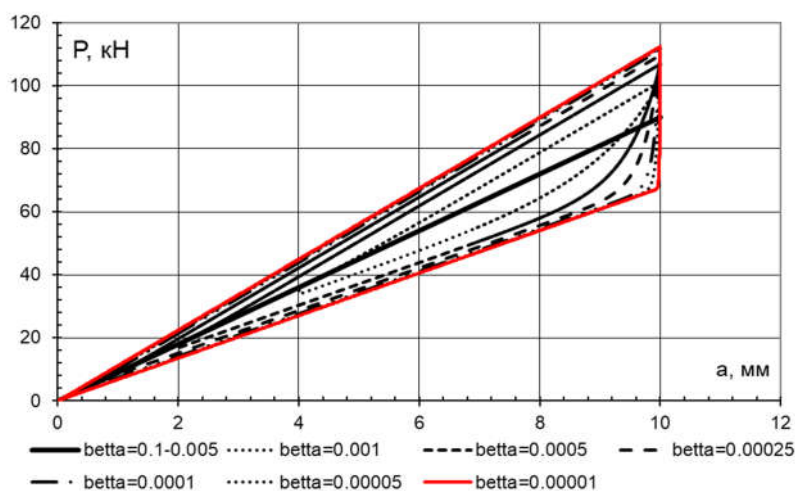


Рисунок 7 – Зависимости силы от деформации элемента
Figure 7 – Dependences of the force on the deformation of the element

Влияние параметра запаздывания, в основном, сказывается на величине сил трения и площади гистерезиса. При стремлении $\beta \rightarrow 0$ элемент реализует характеристику силы трения зависящей от нагрузки.

Известно, что диссипативные свойства резиновых и полимерных материалов зависят от частоты. Поэтому, на следующем этапе была проведена

оценка влияния параметров элемента Максвелла. Для этого рассмотрим изменение переменной z по гармоническому закону [9]:

$$z = x_0 + a \cdot \sin(2\pi ft), \quad (7)$$

$$\dot{z} = 2\pi fa \cdot \sin(2\pi ft), \quad (8)$$

где x_0 , a , f – центр колебаний, их амплитуда и частота (Гц). Отзывом

силового элемента на возмущение является периодическая сила

$$F(t) = F(z(t), \dot{z}(t)) \quad (9)$$

$$F(t) \approx F_0 - F_k(f) \sin(2\pi t) - F_c(f) \cos(2\pi f t) = F_0 - F_1(f) \sin(2\pi f t - \delta(f)) \quad (10)$$

На основе данного представления введены основные характеристики силового элемента в частотной области:

- динамическая жесткость $K(f) = F_k(f)/a$;
- эквивалентный коэффициент демпфирования $C(f) = F_c(f)/2\pi f a$;
- фаза или угол диссипации $\delta(f)$.

Так как при последовательном соединении усилие в элементах одинаковое, то из выражения (1) имеем два очевидных соотношения

$$x_1 = F/c \text{ и } \dot{x}_2 = F/d \quad (11)$$

Если разложить зависимость (3.4) в ряд Фурье, удерживая только нулевой и первые члены ряда, получим

Если продифференцировать соотношения, получается связь между деформацией и усилием

$$\dot{x} = \dot{F}/c + F/d \quad (12)$$

При постоянной нагрузке усилие F в элементе постоянное, следовательно, и скорость деформации также постоянна и деформирование ничем не ограничено.

Рассмотрим влияние частоты и диссипации при фиксированном значении $c = 9$ МН/м.

Так на рис. 8 показаны зависимости силы от деформации при разных значениях частоты f при фиксированном значении $d = 1000$ Н с/м.

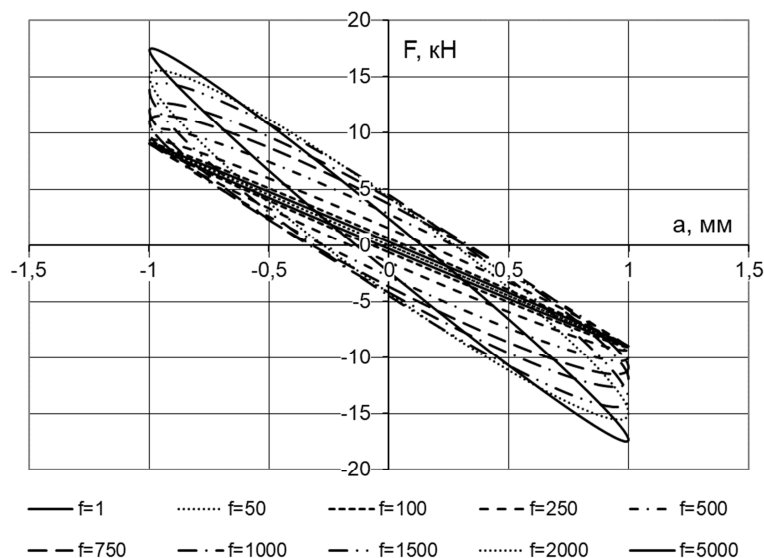


Рисунок 8 – Зависимости силы от деформации элемента при разных частотах
Figure 8 – Dependences of the force on the deformation of the element at different frequencies

Из зависимостей, изображенных на рис. 8, видно, что с увеличением частоты наблюдается увеличение динамической жесткости (угол наклона зависимостей на рисунке) и поглощённой энергии. Однако чрезмерное увеличение частоты приводит к обратному уменьшению демпфирования.

В этой связи, далее проведена оценка влияния параметра диссипации в частотной области. На рис. 9-10 показаны результаты моделирования в зависимости от частоты колебаний.

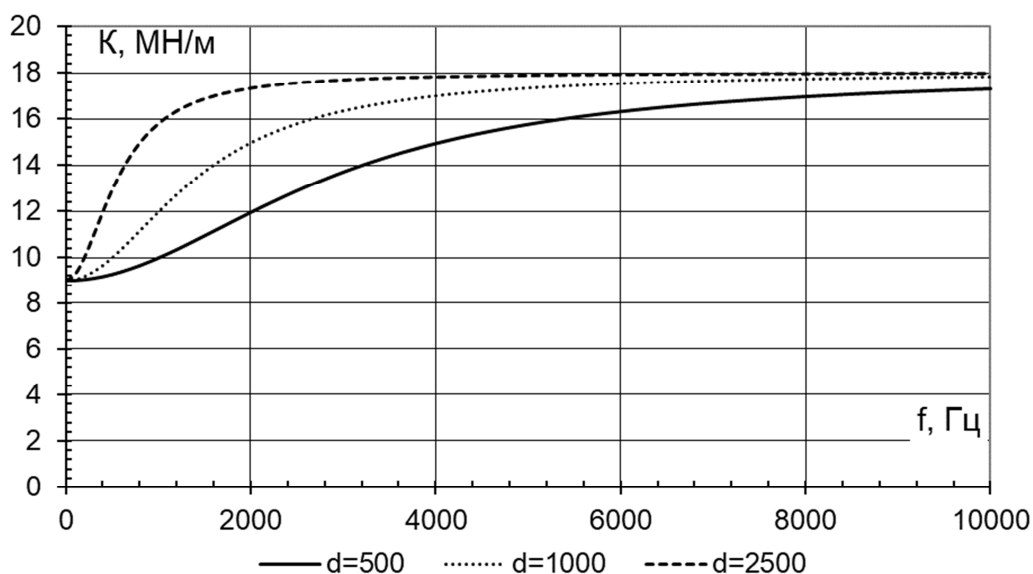


Рисунок 9 – Зависимость динамической жесткости от частоты
Figure 9 – The dependence of dynamic stiffness on frequency

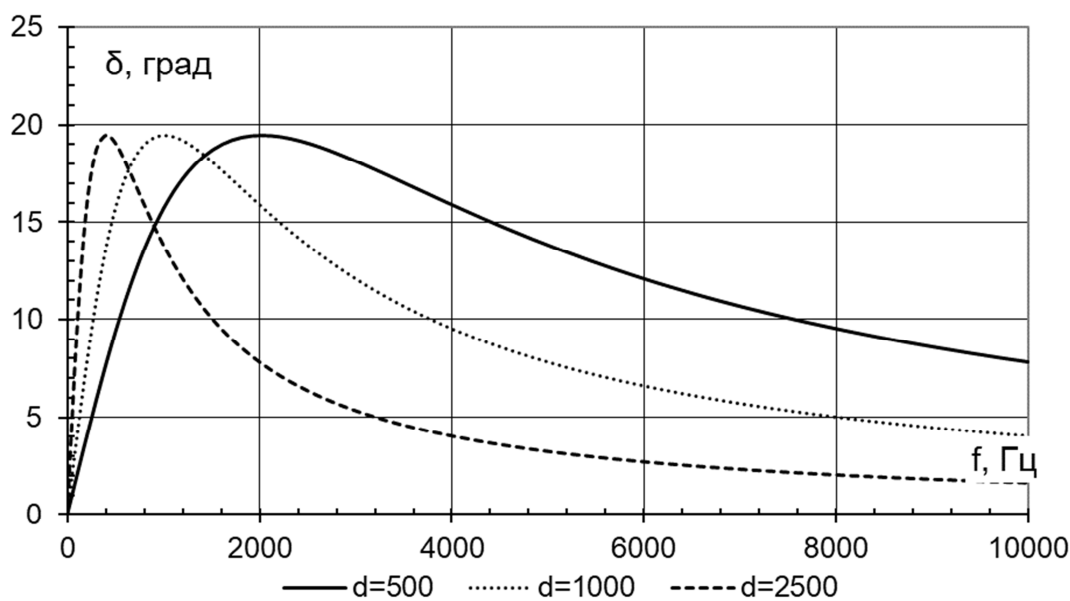


Рисунок 10 – Зависимость угла диссипации от частоты
Figure 10 – The dependence of the angle of dissipation on frequency

Из рис. 9-10 следует, что увеличение коэффициента диссипации приводит к уменьшению зависимости параметров c и d от частоты. Следует отметить, что величина $\tau = d/c$ в реологии называется временем релаксации [6]. Следовательно, чем меньше время релаксации, тем более элемент чувствителен к частоте колебаний.

Таким образом, варьируя соотношением c и d можно определить

границу частот, при которых должно достигаться максимальное демпфирование, однако это является предметом отдельного исследования.

На рис. 11 показана зависимость силы от деформации при динамических колебаниях, соответствующая значениям $\mu=0.8$, $c_{fan}=c=9$ МН/м, $\beta=0.000002$, $k = -6 \cdot 10^{12}$ Н/м³, $d=4500$ Н с/м.

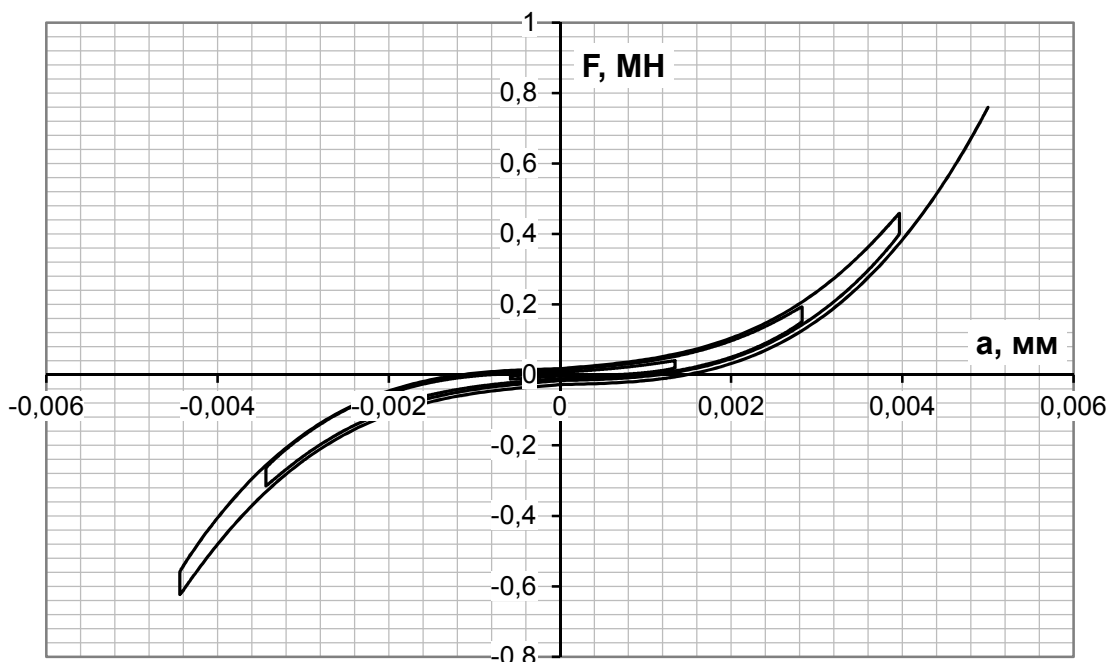


Рисунок 11 – Зависимость силы от деформации
Figure 11 – The dependence of force on deformation

Выводы. Разработанная в рамках работы модель полимерного слоя резинометаллического поглотителя вибраций может быть использована для установления оптимальных (рациональных) параметров надбуксовой связи тележек грузовых вагонов путем варьирования таких параметров, как жесткость, диссипация, частота и коэффициент трения.

Кроме того, установлено, что:

- увеличение коэффициента диссипации ячейки Максвелла приводит к уменьшению зависимости параметров

жесткости и диссипации от частоты, следовательно, чем меньше время релаксации, тем более элемент чувствителен к частоте колебаний;

- варьируя соотношением s и d можно определить границу частот, при которых должно достигаться максимальное демпфирование.

Для определения диапазонов рациональных значений параметров полимерного слоя поглотителя вибраций, необходимо провести дополнительные исследования в динамике.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бороненко Ю.П., Орлова А.М. Тележки с повышенной осевой нагрузкой// Железнодорожный транспорт. - 2008. - № 10. - С. 50-53.
- [2] Харыбин И.А., Орлова А.М., Додонов А.В. Совершенствовать ходовую часть грузовых вагонов. Вагоны и вагонное хозяйство. №1(17), 2009 г. - С. 26-29.
- [3] Бороненко Ю.П., Рудакова Е.А., Орлова А.М. Инновации в тележках грузовых вагонов: реальность и перспективы. - Санкт-Петербург: Наука и транспорт, 2009. -С. 14-17
- [4] Handbook of Railway Vehicle Dynamics edited by Simon Iwnicki. 1 edition. CRC Press. 2006, 548 pages.
- [5] Петров Г.И., Воротников В.Г., Секерова Ш.А. Буксовые адаптеры в контексте модернизации.- Мир транспорта. №4, 2012 г. – С. 38-43.
- [6] Peter Moczó, Jozef Kristek & Peter Franek. Lecture notes on Rheological models. Version 26-10-2006. Bratislava 2006. p.41.
- [7] Fancher, P.S., Ervin, R.D., MacAdam, C.C, and Winkler, C.B. (1980), "Measurement and Representation of the Mechanical Properties of Truck Leaf Springs", SAE Technical Paper 800905.
- [8] Ahid D. Nashif, David I. G. Jones, John P. Henderson. Vibration Damping. 1985. p.453
- [9] Universal Mechanism. User guide. Vol. 2. 2016. Bryansk. p.128.

REFERENCES

- [1] Boronenko Ju.P., Orlova A.M. Telezhki s povyshennoj osevoj nagruzkoy// Zheleznodorozhnyj transport. - 2008. - № 10. - S. 50-53.
- [2] Harybin I.A., Orlova A.M., Dodonov A.V. Sovershenstvovat' hodovuju chast' gruzovyh vagonov. Vagony i vagonnoe hozjajstvo. №1(17), 2009 g. - S. 26-29.
- [3] Boronenko Ju.P., Rudakova E.A., Orlova A.M. Innovacii v tezhkakh gruzovyh vagonov: real'nost' i perspektivy. Nauka i transport Sankt-Peterburg 2009; s. 14-17
- [4] Handbook of Railway Vehicle Dynamics edited by Simon Iwnicki. 1 edition. CRC Press. 2006, 548 pages.
- [5] Petrov G.I., Vorotnikov V.G., Sekerova Sh.A. Buksovye adaptory v kontekste modernizacii. Mir transporta. №4, 2012 g. – S. 38-43.
- [6] Peter Moczó, Jozef Kristek & Peter Franek. Lecture notes on Rheological models. Version 26-10-2006. Bratislava 2006. p.41.
- [7] Fancher, P.S., Ervin, R.D., MacAdam, C.C., and Winkler, C.B. (1980), "Measurement and Representation of the Mechanical Properties of Truck Leaf Springs", SAE Technical Paper 800905.
- [8] Ahid D. Nashif, David I. G. Jones, John P. Henderson. Vibration Damping. 1985. p.453
- [9] Universal Mechanism. User guide. Vol. 2. 2016. Bryansk. p.128.

РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ПОГЛОТИТЕЛЬ ВИБРАЦИЙ БУКСОВОГО УЗЛА ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Адилханов Ержан Газизович, PhD, к.т.н., Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, adilhanov@mail.ru

Жакупов Кайрат Болатович, к.т.н., Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, zhakupov_kairat@mail.ru

Секерова Шолпан Абилахасимовна, ассистент преподавателя, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, sholpan_0184@mail.ru

ЖҮК ВАГОНДАРЫ АРБАЛАРЫНЫҢ БУКСТІК ТОРАБЫНЫҢ ДІРЛІН РЕЗИНОМЕТАЛЛДЫ ЖҮТҚЫШ

Адилханов Ержан Газизович, т.ғ.к., PhD, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, adilhanov@mail.ru

Жакупов Кайрат Болатович, т.ғ.к., М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, zhakupov_kairat@mail.ru

Секерова Шолпан Абилахасимовна, оқытушы, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, sholpan_0184@mail.ru

Аңдатпа. Осы мақала Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығының аумағында пайдаланылатын жүк вагондарының үш элементті арбаларының бүйір рамасы мен буксалық торабы арасында орнатуға арналған дірілдің резинометалл сіңіргішінің полимерлік қабатының Имитациялық моделіне арналған.

Бұл мақалада әзірленген модель Максвелл ұяшығының реологиялық үлгілерінен, Фанчер рессорынан және сызықсыз элементтен тұрады.

Модельдеу кезінде алынған гистерезисті гистерезиспен нақты полимерлі материалды сынау кезінде алынған гистерезисті салыстыру жолымен әзірленген үлгінің барабарлығын тексеру орындалды.

Имитациялық модель тербелістерді, төсемдерді және полимердің қасиеттері бар және көліктің үйкелген элементтері арасында орнатылатын басқа да күштік элементтердің сәндірігіштерінің сипаттамаларын зерттеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: полимер, гистерезис, жүк вагоны, тербелістерді демпфирлеу, қозғалыс қауіпсіздігі, тозу.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.106-114

EVALUATION OF THE DYNAMIC PERFORMANCE OF THE CARGO TRUCKS OF A NEW GENERATION WITH DIFFERENT CHARACTERISTICS FOR SUSPENSION

Natalya Tokmurzina-Kobernyak, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; natalitokmur@mail.ru;

Natalya Ivanovcheva, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; stupchenko_n@mail.ru;

Zhanibek Tynyshaliev, undergraduate, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; zhanibek1306@mail.ru.

Abstract. The paper presents an assessment of the dynamics and impact on the path of the truck model 18-6863 with a traditional and improved spring suspension system. The calculations of the coefficient of vertical dynamics, the maximum live load stress in the design of the permanent way and on the main platform of subgrade. On the basis of calculations, the maximum permissible speed of the cart is established according to the conditions of the path strength and the dynamics coefficient. The results of calculations show that the proposed variant of improving the spring suspension of the model 189-6863 bogie with an axial load of 27 TC has a positive effect on the dynamic characteristics of the car: the coefficient of vertical dynamics at the maximum structural speed in loaded mode meets the requirements, in empty mode the permissible value corresponds to 80 km / h, in General, 20% lower; the values of the maximum dynamic load of the wheel on the rail are lower by 7% for empty mode and 2% for loaded mode. An increase in the spring suspension stiffness parameter improves the dynamic performance of the model 189-6863 bogie, and an increased axial load of up to 27 t / axle does not lead to a significant increase in the stress-strain state of the railway track above the established standards, except for the sleeper plot of 1600 PCs./km.

Keywords: freight car, axial load, spring suspension, dynamics, railway track, permissible speed.

УДК 629.4.027.2

Н.А. Токмурзина-Коберняк¹, Н.В. Ивановцева¹, Ж.С. Тынышқалиев¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ

Аннотация. В работе приведена оценка показателей динамики и воздействия на путь тележки модели 18-6863 с традиционной и усовершенствованной системой рессорного подвешивания. Проведены расчеты коэффициента вертикальной динамики, максимальной динамической нагрузки, напряжений в конструкции верхнего строения пути и на основной площадке земляного полотна. На основе расчетов установлена максимально допустимая скорость движения тележки по условиям прочности пути и коэффициенту динамики. Результаты расчётов свидетельствуют о том, что предлагаемый вариант усовершенствования рессорного подвешивания тележки модели 189-6863 с осевой нагрузкой 27 тс положительно отражается на динамических характеристиках вагона: коэффициент вертикальной динамики на предельной конструкционной скорости в гружёном режиме соответствует требованиям, в порожнем режиме допускаемое значение соответствует 80 км/ч, в целом ниже на 20%; значения максимальной динамической нагрузки колеса на рельс ниже на 7% для порожнего режима и на 2% для гружёного режима. Увеличение параметра жесткости рессорного подвешивания улучшает динамические показатели тележки модели 189-6863, а повышенная осевая нагрузка до 27 т/ось не приводит к существенному увеличению напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути свыше установленных норм, за исключением эпюры шпал 1600 шт./км.

Ключевые слова: грузовой вагон, осевая нагрузка, рессорное подвешивание, динамика, железнодорожный путь, допустимая скорость движения.

Увеличение грузоподъёмности вагонов остаётся основным направлением развития вагоностроения на ближайшую перспективу, как наиболее эффективный

способ реализации задачи активного внедрения тяжеловесного движения в РК. Несомненно, решение данной задачи требует комплексного подхода. И, в первую очередь, затрагивает проблему повышения динамических качеств грузовых вагонов, как комплексного индикатора, позволяющего решить задачи сохранности пути и подвижного состава, повышения надёжности и безопасности.

В настоящее время в вагонном хозяйстве Республики Казахстан эксплуатируются тележки нового поколения с максимальной осевой нагрузкой 25 т/ось. Однако, как известно, данный показатель не является предельным. Повышение осевой нагрузки является закономерностью развития железнодорожного транспорта и ключевым трендом сегодняшнего дня. На сети РЖД ещё в 2014 г начали проводить первые эксперименты по вождению поездов в составе условных 27-тонных вагонов, что позволило получить первоначальные результаты о принципиальной возможности и безопасности эксплуатации тяжеловесных вагонов на существующей инфраструктуре. Правительством РФ утверждена Стратегия развития транспортного машиностроения до 2030 г., где предполагается системное развитие тяжеловесного движения и постепенный переход на выпуск подвижного состава с осевой нагрузкой 27 тс и более. [1] В перспективе, и на железных дорогах Республики Казахстан возможно внедрение вагонов с осевой нагрузкой 27 тс.

В данной статье рассматривается вопрос повышения динамических качеств грузовых вагонов с осевой нагрузкой 27 т/ось за счёт совершенствования рессорного подвешивания тележки. За основу принята тележка последнего поколения модели 18-6863 с нагрузкой 27 тс производства АО «Тихвенский вагоностроительный завод», с расчетным статическим прогибом рессорного подвешивания под порожним вагоном

(тара вагона 27 т) - 18 мм, под груженым вагоном (брутто вагона 108 т) – 70 мм. Предлагается усовершенствовать рессорное подвешивание данной тележки применив изобретение [2]. Подобная конструкция уже известна, однако существенным её недостатком является наличие в рессорном комплекте четырёх типоразмеров пружин. Такое конструктивное решение увеличивает: номенклатуру деталей рессорного подвешивания; себестоимость рессорного подвешивания; стоимость ремонта узла; трудоемкость сборки. В предлагаемой конструкции этот недостаток устранён. Она содержит два рессорных комплекта, каждый комплект установлен под одним из концов наддресорной балки и состоит из двухрядных витых цилиндрических пружин, поддерживающих наддресорную балку и фрикционные клинья, сформированных из отличных по высоте в свободном состоянии пружин двух групп - наружных и внутренних, каждая группа пружин выполнена одной высоты из стали с пределом текучести не ниже 1470 МПа, при этом под порожним вагоном включена в работу только одна пружинная группа, значение расчетного статического прогиба рессорного подвешивания под порожним и груженым вагоном увеличено: под порожним вагоном (тара вагона 27 т) - 22 мм, под груженым вагоном (брутто вагона 108 т) – 80 мм. Таким образом, в данной конструкции решена задача улучшения динамических характеристик вагона. Прототипом для данной конструкции была тележка грузового вагона [3], в которой устранён недостаток - неопределенность характеристик рессорного подвешивания и отсутствие условия эффективности работы фрикционного клинового гасителя колебаний при использовании в конструкции рессорного подвешивания одинаковых двухрядных пружин под фрикционными клиньями и под наддресорной балкой.

В статье выполнены расчёты по оценке динамических показателей грузовой тележки 18-6863 с исходными

параметрами и с усовершенствованным рессорным подвешиванием (далее 18-6863(УРП)).

Для определения степени воздействия на путь вагонов с повышенной до 27 тс осевой нагрузкой по методике, изложенной в [4, 5], были рассчитаны следующие показатели:

- коэффициент вертикальной динамики;
- динамическая максимальная нагрузка от колеса на рельс;
- максимальное напряжение изгиба и кручения в кромке подошвы рельса;
- максимальное напряжение под подкладками на деревянных шпалах;
- максимальное напряжение в балласте под шпалой;
- максимальное напряжение на основной площадке земляного полотна.

Результаты расчётов представлены в виде графиков (рисунки 1-6).

Расчет выполнялся для следующих параметров конструкции пути: рельс Р65, шпалы деревянные, эюра укладки 1600, 1840, 2000 шт./км, балласт – щебень.

На рисунке 1 представлен график зависимости коэффициента вертикальной

динамики при расчетном статическом прогибе подвешивания под порожним (а) и под гружёным (б) вагоном для тележек 18-6863 и 18-6863(УРП). Согласно ГОСТ [6] нормативное значение максимального значения коэффициента динамики для грузовых вагонов установлено на уровне 0,8 для гружёного режима и 0,85 для порожнего. Как видно из рисунка 1 при гружёном режиме (б) оба варианта отвечают требованиям ГОСТ по величине допускаемого коэффициента вертикальной динамики, в порожнем режиме (а) наблюдается превышение допустимого значения на скоростях движения 70 км/ч для тележки 18-6863 и 80 км/ч для тележки 18-6863(УРП). В целом, на предельной конструкционной скорости для данной модели 100 км/ч значение коэффициента вертикальной динамики тележки 18-6863(УРП) ниже на 20%.

По значениям максимальной динамической нагрузки колеса на рельс (рисунок 2) также наблюдается снижение значений для тележки 18-6863(УРП) на 7% для порожнего режима и на 2% для гружёного режима.

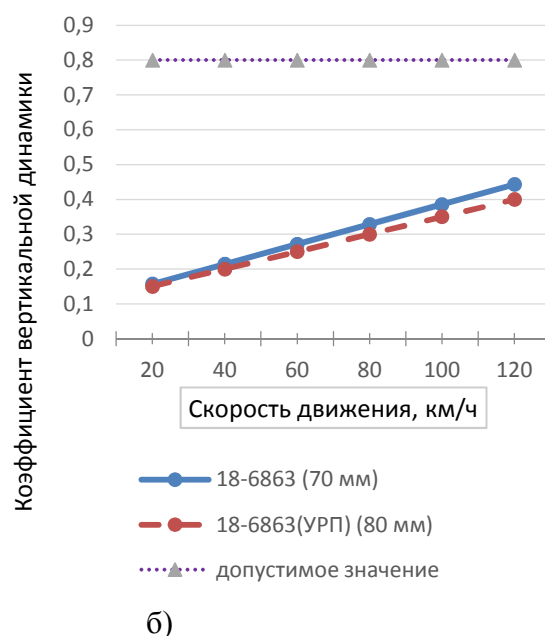
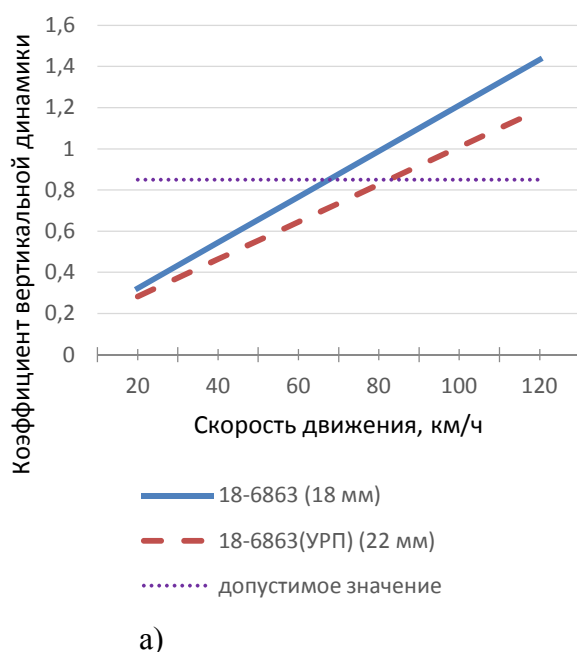


Рисунок 1 - Коэффициент вертикальной динамики при расчетном статическом прогибе подвешивания: а) под порожним вагоном; б) под гружёным вагоном
Figure 1 – The coefficient of vertical dynamics at the calculated static deflection of the suspension: а) under the empty car; б) under the loaded car

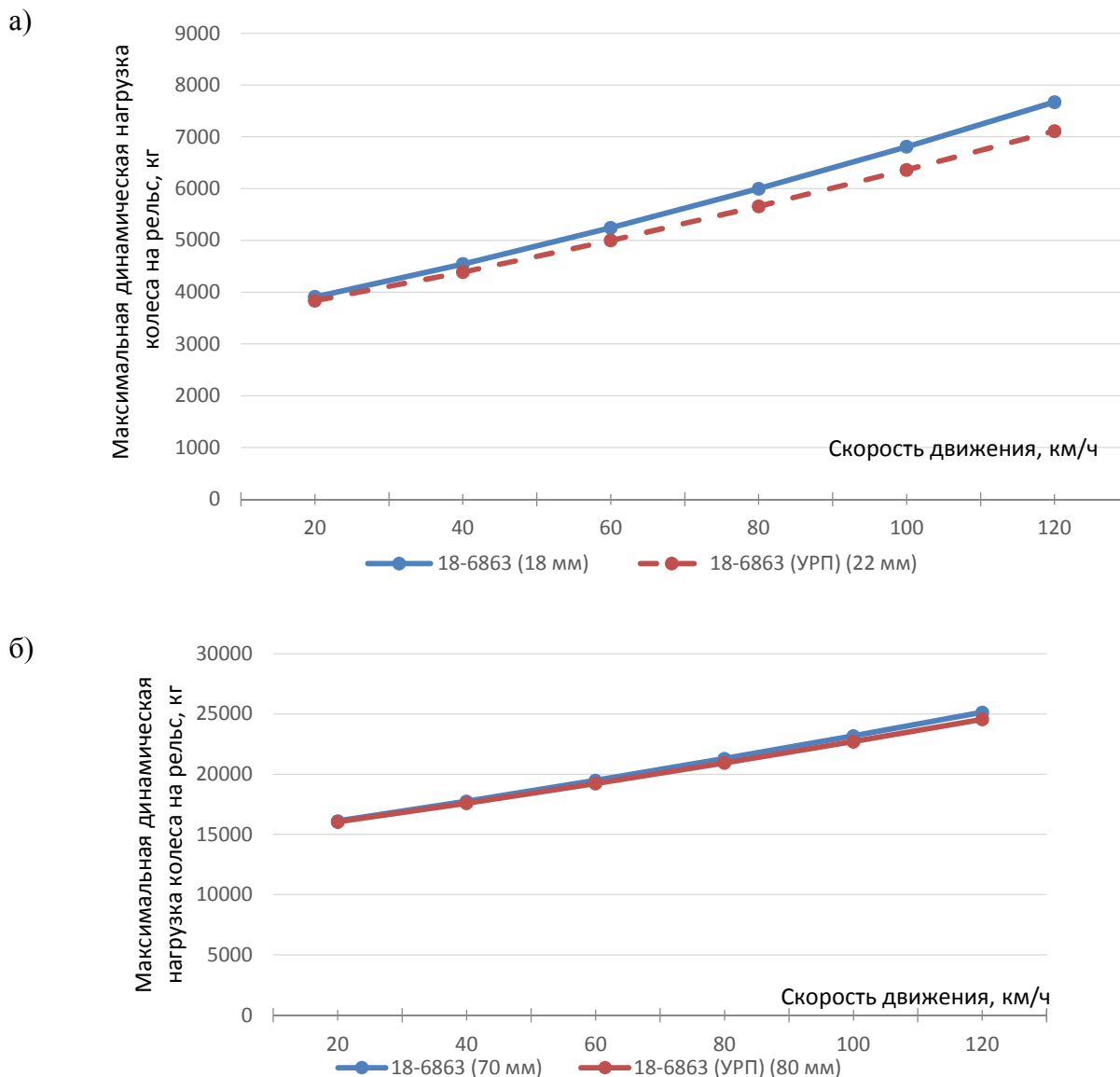


Рисунок 2 – Максимальная динамическая нагрузка колеса на рельс при расчетном статическом прогибе подвешивания, кг: а) под порожним вагоном; б) под гружёным вагоном
Figure 2 – The maximum dynamic load of the wheel on the rail at the calculated static deflection of the suspension, kg: a) under the empty car; b) under the loaded car

Также в работе оценено воздействие рассматриваемых тележек на железнодорожный путь типовой конструкции.

Согласно расчетам для всех схем эпюр рельсошпальной решетки (1600, 1840, 2000 шт./км) максимальное напряжение в кромке подошвы рельса не превышает допустимого значения 240 МПа [7], как в прямых, так и в кривых участках пути. Также не установлено превышение по параметру «напряжение под подкладками шпал. В связи с этим, графики напряжений в кромке подошвы

рельса и под подкладками деревянных шпал не приводятся.

Более подробно рассмотрим напряжения в балласте и на площадке земляного полотна (рисунок 3-4).

Нормативное значение напряжения в балласте установлено на уровне 0,3 МПа [7]. Как видно из рисунка 3, для эпюр укладки шпал 2000 и 1840 шт./км максимальное напряжение не превышает допустимого значения. Однако для эпюры укладки шпал 1600 шт./км при скорости 84 км/ч максимальное напряжение установлено выше нормативного значения.

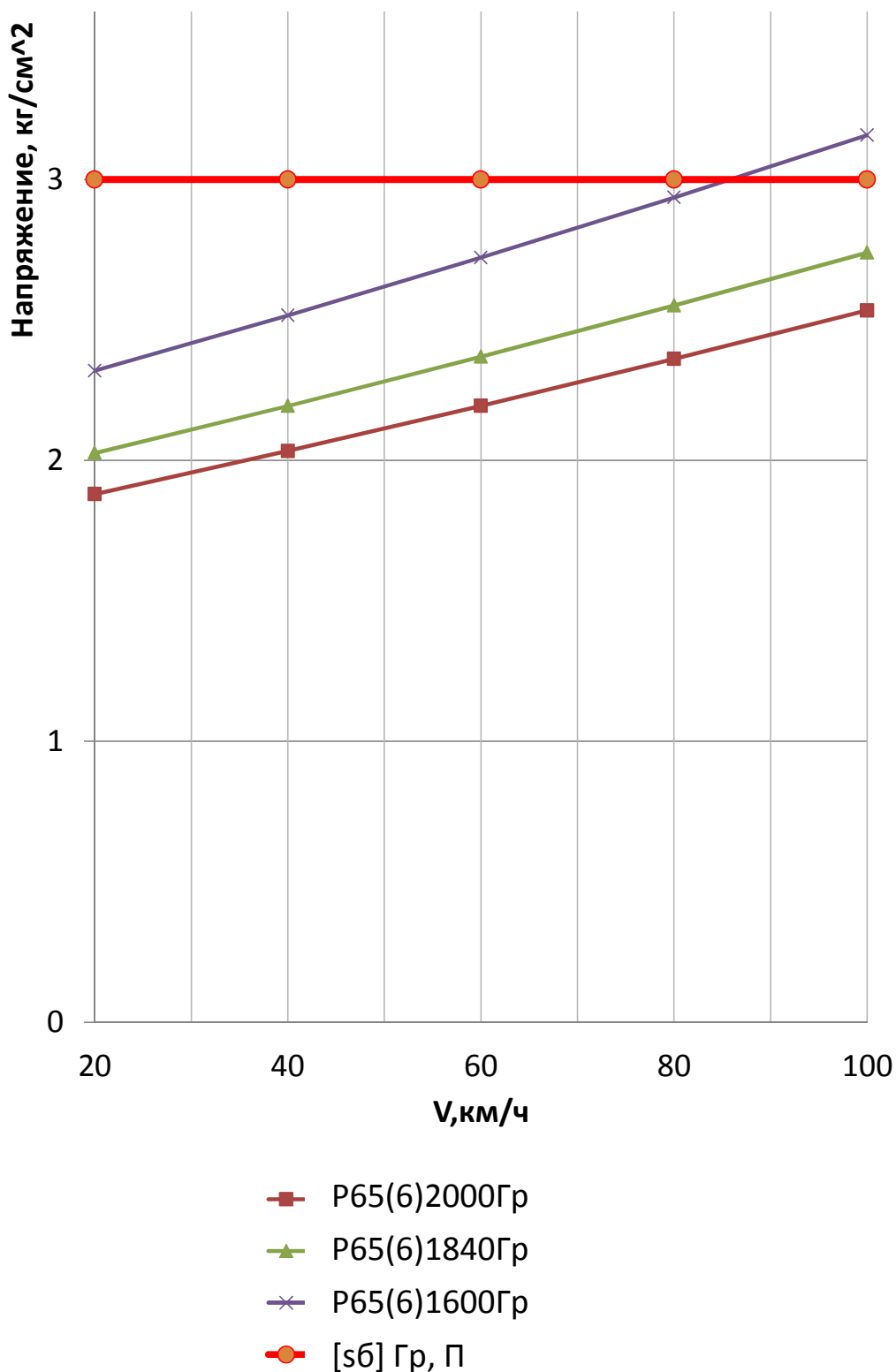


Рисунок 3 – Максимальное напряжение в балласте под шпалой
Figure 3 – Maximum voltage of the ballast under the sleeper

Нормативное значение напряжения на площадке земляного полотна установлено на уровне 0,12 МПа [7]. Как видно из рисунка 4, для эпюр укладки шпал 2000 и 1840 шт./км максимальное

напряжение не превышает допустимого значения. Однако для эпюры укладки шпал 1600 шт./км при скорости 90 км/ч максимальное напряжение установлено выше нормативного значения.

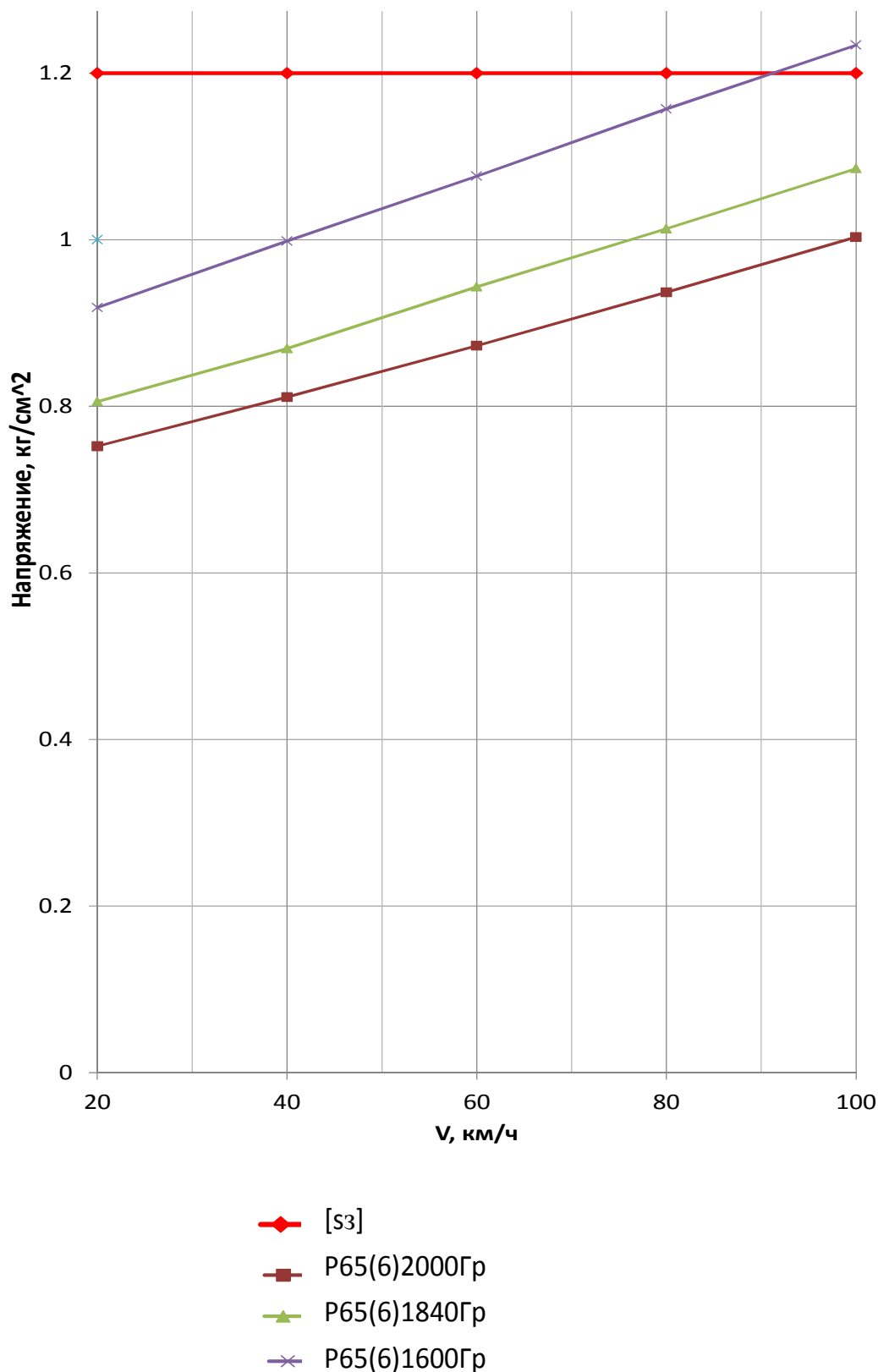


Рисунок 4 - Максимальное напряжение на основной площадке земляного полотна
Figure 4 - Maximum stress on the main site of the roadbed

Выводы

1. Таким образом, оценив показатели воздействия тележки модели 18-6863 с осевой нагрузкой 27 тс на железнодорожный путь, можно сделать следующий вывод. Для типовой

конструкции железнодорожного пути с эпюрами укладки шпал 2000 и 1840 шт./км можно установить максимально допустимую скорость движения на уровне конструкционного значения (100 км/ч), для эпюры 1600 шт./км скорость движения должна быть ограничена 84 км/ч.

2. Согласно проведенным расчетам динамических показателей установлено, что предлагаемый вариант усовершенствования рессорного подвешивания тележки модели 189-6863 с осевой нагрузкой 27 тс положительно отражается на динамических характеристиках вагона: коэффициент вертикальной динамики на предельной конструкционной скорости в гружёном режиме соответствует требованиям ГОСТ [6], в порожнем режиме допусковое

значение соответствует 80 км/ч, в целом ниже на 20%; значения максимальной динамической нагрузки колеса на рельс ниже на 7% для порожнего режима и на 2% для гружёного режима.

3. Установлено, что увеличение параметра жесткости рессорного подвешивания улучшает динамические показатели тележки модели 18-6863, а повышенная осевая нагрузка до 27 т/ось не приводит к существенному увеличению напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути свыше установленных норм, за исключением эпюры шпал 1600 шт./км., что доказывает целесообразность применения предлагаемой конструкции рессорного подвешивания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://www.uniwagon.com/multimedia/media_about_us/effektivnost-ekspluatacii-vagonov-s-povyshennoj-osevoj-nagruzkoj/ Эффективность эксплуатации вагонов с повышенной осевой нагрузкой
- [2] Патент на изобретение RU 2019120741 U1, 2019.07.01. Рессорное подвешивание двухосной тележки грузового вагона // Патент России № 192706 U1. 2019. / Чумаков К.А., Самсонов А.В., Васильева Е.С.[и др.].
- [3] Патент на изобретение RU 2099220 C1, B61F 5/06 от 20.12.1997.
- [4] Токмурзина Н.А. Методика расчета воздействия подвижного состава на железнодорожный путь: Монография. -Алматы: КазАТК, 2016. - 84 стр.
- [5] Imasheva G., S. Abdullayev, G. Bakyt, N. Tokmurzina. Prospects for the Use of Gondola Cars on Bogies of Model ZK1 in the Organization of Heavy Freight Traffic in the Republic of Kazakhstan. . Journal «МЕХАНИКА», Вильнюс, 2018, Volume 24(1).
- [6] ГОСТ 33211-2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочностным и динамическим качествам».
- [7] ГОСТ Р 55050-2012 «Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний».

REFERENCES

- [1] https://www.uniwagon.com/multimedia/media_about_us/effektivnost-ekspluatacii-vagonov-s-povyshennoj-osevoj-nagruzkoj/ *Effektivnost' ekspluatacii vagonov s povyshennoj osevoj nagruzkoj* [in Russian: The effectiveness of the use of wagons with increased axle load].
- [2] *Patent na izobretenie RU 2019120741 U1, 2019.07.01. Ressornoe podveshivanie dvuhosnoj telezhki грузового вагона / Chumakov K.A., Samsonov A.V., Vasil'eva E.S.(i dr.).* [in Russian: The patent for the invention EN 2019120741 U1, 2019.07.01. Spring suspension of a two-axle truck of a freight car / Chumakov K. A., Samsonov A.V., Vasilieva E. S. (et al.).].
- [3] *Patent na izobretenie RU 2099220 C1, B61F 5/06 ot 20.12.1997.* [in Russian: Patent for the invention RU 2099220 C1, B61F 5/06 of 20.12.1997.].
- [4] *Tokmurzina N.A. Metodika rascheta vozdejstviya podvizhnogo sostava na zheleznodorozhnyj put'. Monografiya* [in Russian: Tokmurzina N. A. Method of calculating the impact of rolling stock on the railway. Monograph] Almaty, KazATC Publ., 2016. 84 p.
- [5] Imasheva G., S. Abdullayev, G. Bakyt, N. Tokmurzina. Prospects for the Use of Gondola Cars on Bogies of Model ZK1 in the Organization of Heavy Freight Traffic in the Republic of Kazakhstan. . Journal «МЕХАНИКА», Vilnius, 2018 Volume 24(1).
- [6] *GOST 33211-2014 «Vagony gruzovye. Trebovaniya k prochnostnym i dinamicheskim kachestvam».* [in Russian: State standard 33211-2014 «Freight Cars. The requirements for the strength and dynamic qualities»].

[7] GOST R 55050-2012 «Zhelezнодорожный подвижной состав. Normы dopustimogo vozdejstviya na zhelezнодорожный put' i metody ispytaniy» [in Russian: State standard of Russia 55050-2012 " Railway rolling stock. Standards of permissible impact on the railway track and test methods»].

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; natalitokmur@mail.ru;

Ивановцева Наталья Викторовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан; stupchenko_n@mail.ru;

Тынышкалиев Жанибек Серикович, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; zhanibek1306@mail.ru.

РЕССОРЛЫҚ ІЛУДІҢ ӘРТҮРЛІ СИПАТТАМАЛАРЫ БАР ЖАҢА БУЫН ЖҮК АРБАЛАРЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН БАҒАЛАУ

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан;

Ивановцева Наталья Викторовна, т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; stupchenko_n@mail.ru;

Тынышқалиев Жәнібек Серікұлы, магистрант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; zhanibek1306@mail.ru.

Аңдатпа. Жұмыста динамика көрсеткіштерінің бағасы және рессорлық аспасы дәстүрлі және жетілдірілген 18-686318-6863 модельді арбашаның жолға әсері келтірілген. Жолдың үстіңгі құрылысының құрылымында және жер қыртысының негізгі алаңшасындағы вертикалды динамиканың, максималды динамикалық жүктеменің, кернеудің коэффициенттерінің есептері жүргізілген. Есеп негізінде жол беріктігінің шарттары және динамика коэффициенті бойынша арбашаның максималды рұқсат етілген қозғалыс жылдамдығы белгіленген. Есептің нәтижелері біліктік жүктемесі 27 тс 189-6863 модельді арбашасының ұсынылып отырған жетілдірілген рессорлық аспасы вагонның динамикалық сипаттамаларында көрсетіледі: жүк тиелген режимдегі шекті конструкциялық жылдамдықтағы тік динамика коэффициенті талаптарға сәйкес келеді, бос режимде рұқсат етілетін мән 80 км/сағ сәйкес келеді, тұтастай алғанда 20% - ға төмен; дөңгелектің рельске ең жоғары динамикалық жүктемесінің мәні бос режим үшін 7% - ға төмен және жүк тиелген режим үшін 2% - ға төмен. Рессорлық ілудің қаттылық параметрін ұлғайту 189-6863 модельді арбашаның динамикалық көрсеткіштерін жақсартады, ал 27 т/білікке дейін жоғары осьтік жүктеме 1600 дана / км шпал эпюрасын қоспағанда, темір жолдың кернеулі-деформацияланған жай-күйінің белгіленген нормалардан артық айтарлықтай ұлғаюына әкелмейді.

Түйін сөздер: жүк вагоны, біліктік жүктеме, рессорлық аспа, динамика, темір жол, рұқсат етілген қозғалыс жылдамдығы.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.114-121

PROSPECTS FOR USING KZ8A ELECTRIC LOCOMOTIVES ON THE RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Natalya Tokmurzina-Kobernyak, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; natalytokmur@mail.ru

Aybek Kamilov, technical Director, Electric Locomotive kurastyru зауыты LLP, Nursultan, Kazakhstan; kamilov_a@mail.ru

Abstract. currently, the inventory fleet of electric locomotives of JSC "KTZ – Cargo transportation" is significantly outdated and requires updating. The article discusses the advantages of using a KZ8A series electric locomotive as a freight locomotive. Based on the analysis of statistical data, the percentage of serial wear of locomotives in the inventory fleet was determined and a plan was developed for writing off electric locomotives of the VL80 series, taking into account the remaining life. Based on the calculated forecast cargo turnover for the period 2020-2029, the annual demand for electric locomotives in freight traffic is determined. Recommendations for updating the electric locomotive fleet for the period 2020-2029 and opening service centers and maintenance points for electric locomotives of the KZ8A series in the near future have been developed.

Keywords: the percentage of wear of locomotives, updating inventory of the Park, cent service

УДК 629.4

Н.А. Токмурзина-Коберняк¹, А.Т. Камиллов²

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

² ТОО «Электровоз құрастыру зауыты», г. Нур-Султан, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ KZ8A НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. В настоящее время инвентарный парк электровозов АО «ҚТЖ – Грузовые перевозки» существенно устарел и требует обновления. В статье рассмотрены преимущества использования электровоза серии KZ8A в качестве грузового локомотива. На основе анализа статистических данных определен процент посерийного износа локомотивов инвентарного парка и разработан план списания электровозов серии VL80 с учетом остаточного ресурса. На основе рассчитанного прогнозного грузооборота на период 2020-2029 г.г. определена годовая потребность электровозов в грузовом движении. Разработаны рекомендации по обновлению электровозного парка на период 2020-2029 г.г. и открытию сервисных центров и пунктов технического обслуживания электровозов серии KZ8A на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: процент износа локомотивов, обновление инвентарного парка, центр сервисного обслуживания.

В качестве перспективной серии грузового электровоза в Республике Казахстан используется электровозы серии KZ8A. По сравнению с другими электровозами данного класса электровоз KZ8A имеет ряд преимуществ [1, 2]:

- увеличение межремонтных пробегов;
- увеличение конструкционной скорости;
- экономия электроэнергии;
- увеличение веса поезда.

Также можно выделить следующие инновационные решения, принятые в конструкции электровоза [1]:

- применение асинхронного тягового привода с поосным

регулированием, тяговые электрические машины асинхронные с короткозамкнутым ротором;

- использование преобразователя собственных нужд с регулированием производительности и плавным пуском вентиляторов и компрессоров;

- использование тягового преобразователя на биполярных транзисторах с изолированным затвором IGBT

- установка бортовой микропроцессорной системы управления, диагностики и безопасности движения;

- возможность применения рекуперативного торможения;

- установка системы автоведения поезда с использованием средств спутниковой навигации.

Данные инновационные решения обеспечивают:

- высокую надежность эксплуатации без проведения планового технического обслуживания в промежутках между текущими ремонтами электровозов;

- непрерывный контроль и регистрацию событий в подсистемах электровоза, а также состояния оборудования для предоставления комплексного отчета машинисту на дисплее;

- снижение эксплуатационных расходов.

Именно электровоз серии KZ8A призван заменить морально и физически устаревшие электровозы серии ВЛ80.

Для поэтапного обновления парка электровозов АО «ҚТЖ-Грузовые перевозки» необходимо разработать план списания электровозов ВЛ80 с учетом

остаточного ресурса этих локомотивов, определить потребность парка локомотивов в грузовом движении на период 2020-2030 г.г.

Другой задачей данного исследования является определение количества и мест дислокации центров и пунктов технического обслуживания электровозов серии KZ8A. В настоящее время весь инвентарный парк электровозов серии KZ8A проходит техническое обслуживание и ремонт на предприятиях ТОО «Электровоз құрастыру зауыты».

В ходе исследования использованы методы анализа и постановки задачи, метод творческого поиска решения задачи.

Задача первая – разработка плана списания электровозов серии ВЛ80 с учетом остаточного ресурса.

На основе анализ отчетных данных, предоставленных АО «ҚТЖ – Грузовые перевозки», было изучено распределение инвентарного парка электровозов по виду движения (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение инвентарного парка электровозов по видам движения по состоянию на 1.01. 2020 г.

Table 1 – Distribution of the inventory fleet of electric locomotives by type of traffic as of 1.01. 2020 y.

Серия	Всего, ед.	Грузовой	Пассажирский
ВЛ80Т	103	336	92
ВЛ80С	325		
ВЛ80СК/ТК	4	4	-
KZ4A, Ас	27	-	27
ВЛ40М	17	10	7
KZ8A	50	50	
KZ4AT	20	-	20
ВСЕГО	546	400	146

Из таблицы 1 следует, что на 1.01.2020 г. количество грузовых электровозов составляет 400 ед.

Степень износа локомотивов АО «ҚТЖ – Грузовые перевозки»

представлена в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что степень износа инвентарного парка электровозов серии ВЛ-80 всех модификаций, составляет более 80%.

Таблица 2 – Износ инвентарного парка локомотивов АО «ҚТЖ – Грузовые перевозки»

Table 2 – Depreciation of the inventory fleet of locomotives of JSC "KTZ-Freight transportation»

Тип	Серия	Всего, ед.	% износа на серию
МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВОЗЫ	2ТЭ10В	1	100.00
	2ТЭ10Л	0	0.00
	2/3ТЭ10М	97	97.59
	2ТЭ10МК/ВК	195	94.74
	2ТЭ10У/УТ	70	97.76
	ТЭП70	11	100.00
	ТЭ33А, Ас	303	17.29
	ТЭП33А	20	4.31
	ВСЕГО	697	56.26
ЭЛЕКТРОВОЗЫ	ВЛ60	0	0.00
	ВЛ80Т	103	90.44
	ВЛ80С	325	91.71
	ВЛ80СК/ТК	4	81.22
	КЗ4А, Ас	27	33.33
	ВЛ40М	17	36.00
	КЗ8А	50	10.59
	КЗ4АТ	20	9.62
	ВСЕГО	546	77.62
МАНЕВРОВЫЕ ТЕПЛОВОЗЫ	ТЭМ2	165	96.06
	ТЭМ2А	10	95.92
	ТЭМ2У	38	91.93
	ТЭМ2УМ	11	92.49
	ЧМЭ3/3Т	84	92.18
	ТЭМ18	15	42.40
	СКД6-Е	114	19.22
	ТЭМКЗ	9	14.44
	ВСЕГО	446	71.05
ОБЩАЯ		1689.0	67.28

Необходимо учитывать, что электровозы серии ВЛ80 всех модификаций поступили на службу на казахстанские железные дороги в период 1975-1993 г.г., и срок службы этих электровозов на 1.01 2020 г. составляет

соответственно от 27 - 45 лет при нормируемом сроке службы 30 лет.

Далее определим прогнозную потребность электровозов для поездной работы, а также эксплуатируемый парк электровозов для нужд АО «НК «ҚТЖ» на период 2020-2029 г.г. (таблица 3).

Таблица 3 – Прогнозная потребность электровозов для поездной работы, а также эксплуатируемый электровозный парк на период 2020-2029 г.г. для нужд АО «НК «ҚТЖ»
Table 3 – Forecast demand for electric locomotives for train operation, as well as the operated electric locomotive fleet for the period 2020-2029 for the needs of JSC "NC "KTZ»

Показатель	Усл. обозначение	Ед. изм	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Грузооборот	ΣРЛ	млрд.ткм бр	214	218	223	227	232	236	241	246	251	256
Участковая скорость	v _y	км/час	47.33	47.35	47.37	47.39	47.41	47.41	47.41	47.41	47.41	47.41
Средняя масса поездов	Q _{ср}	Т	3413	3405	3395	3391	3387	3387	3387	3387	3387	3387
Среднесуточный эксплуатируемый среднесуточный парк	Мэ	ед.	316	323	331	338	345	352	359	366	373	380
Потребность электровозов	М	ед.	415	424	434	443	452	461	471	480	490	499

В качестве прогнозного грузооборота на период 2020-2029 г.г. взят консервативный сценарий, при котором увеличение ежегодного грузооборота в электротяге планируется на уровне 2% к предыдущему году. Используя фактический грузооборот за 2019 год, который равен 2010 млрд. ткмбр в период 2020-2029г.г. получаем увеличение грузооборота с 2014 млрд. ткмбр в 2020 году до 2056 млрд. ткмбр в 2029 году. При этом при ожидаемом годовом грузообороте в объеме 214 млрд. ткмбр потребность в электровозах без учета списания составляет 415 ед. Из этого можно предположить, что за 2020 год дефицит составит 15 единиц грузовых электровозов без учета списания.

Также за рассматриваемый период существенное изменение таких показателей, как участковая скорость и средняя масса поездов, не рассматривалось. Диапазон изменений для этих показателей определен не более 1%.

Используя формулы из методики [3], определена потребность электровозов для поездной работы, а также

среднесуточный эксплуатируемый парк электровозов (см. таблицу 3).

Учитывая данные таблицы 3 о потребности электровозов для поездной работы, а также эксплуатируемом электровозном парке, имея информацию об инвентарном парке электровозов на начало 2020 года (таблица 2), получены данные о дефиците или пересодержании парка электровозов.

Для удовлетворения потребностей в перевозке грузов наиболее рациональным подходом является обновление электровозного парка новыми электровозами серии KZ8A. Учитывая, что количество устаревших электровозов серий ВЛ80 и ВЛ40 составляет 350 единиц, в целях расчета обновления электровозного парка принят сценарий ежегодного списания 35 ед. электровозов, что позволит к 2029 году списать все старые электровозы, а взамен приобрести необходимое количество электровозов серии KZ8A, которое будет равно количеству списанных электровозов, а также количеству потребных электровозов из-за увеличения ежегодного грузооборота (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет обновления электровозного парка на период 2020-2029 г.г.
Table 4 – Calculation of electric locomotive fleet renewal for the period 2020-2029

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Потребность электровозов по грузообороту	415	424	434	443	452	461	471	480	490	499
Фактический парк на 1.09.2020 г.	400									
Списание	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Приобретение	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Парк на конец года	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
Дефицит (-) / Профицит (+)	-5	-4	-4	-3	-2	-1	-1	0	0	1

При этом возникающий незначительный дефицит может быть нивелирован путем высвобожденных пассажирского движения.

При реализации такого сценария общее количество приобретаемых электровозов серии KZ8A в период 2020-2029г.г. составит 450 единиц. Учитывая, что на сегодняшний день в электровозном

парке АО «ҚТЖ – Грузовые перевозки» уже имеется 50 ед. электровозов KZ8A, общее количество указанной серии электровозов достигнет 500 ед. При наличии такого обширного парка электровозов KZ8A остро встанет вопрос организации их содержания.

Необходимо отметить, что при расчете потребного парка электровозов не учитывалась информация о планируемой электрификации железнодорожных путей Республики Казахстан. Так, Правительством Казахстана в период 2020-2025г.г. планируется электрифицировать участки Актогай – Мойынты (522,4 км) и Тобол – Никельтау (510,3 км).

Задача вторая – определение потребности в сервисных центрах и определение их мест дислокации.

В вопросе организации сервисного обслуживания электровозов серии KZ8A наиболее предпочтительным подходом является строительство не менее одного (желательно двух) центра сервисного обслуживания (депо), где будут осуществляться крупные и сложные виды технического обслуживания электровозов и организация пунктов технического обслуживания электровозов (вспомогательных участков по техническому обслуживанию), на которых могут проводиться легкие виды профилактического обслуживания.

Географически наиболее подходящими для строительства центров технического обслуживания являются ст. Нур-Султан и ст. Шу, поскольку оба являются узловыми станциями. К примеру, из ст. Нур-Султан поезда отправляются в 4 направления, которые условно можно назвать Тобольское с выходом на Российскую Федерацию, Пресногорьковское с выходом также на Российскую Федерацию, Павлодарское, соединяющее север и восток страны и Карагандинское, в направлении южного и восточного регионов страны; из ст. Шу поезда отправляются в направления: северное, юго-восточное и южное.

При этом строительство центров технического обслуживания может быть осуществлено поэтапно. К примеру, на начальном этапе можно построить по ст. Шу, а по ст. Нур-Султан организовать пункт технического обслуживания или наоборот. Следует отметить, что строительство новых депо не является обязательным условием. В качестве вариантов могут быть рассмотрены опции глубокой модернизации существующих локомотиворемонтных депо, принадлежащих ТОО «Камкор Локомотив».

При наличии центров технического обслуживания на ст. Нур-Султан и ст. Шу пункты технического обслуживания имеет смысл организовать по ст. Тобол, ст. Екибастуз, ст. Алматы-1 и ст. Арысь.

При строительстве, как центров сервисного обслуживания, так и пунктов сервисного обслуживания, необходимо принимать в расчет логистические аспекты, связанные как с отцепкой-выдачей самих электровозов, так и с доставкой узлов и компонентов для обслуживания электровозов.

Вопрос организации сервисного обслуживания является сложным и требует комплексного продуманного подхода.

Во-первых, организации, осуществляющей сервисное обслуживание электровозов для планирования долгосрочных задач, необходим долгосрочный контракт на осуществление сервисного обслуживания с собственником электровозов.

Во-вторых, организации, осуществляющей сервисное обслуживание электровозов, необходимо определить стратегию и бизнес-план реализации проекта, где должны быть определены ключевые аспекты проекта, в том числе, требуемые инвестиции в проект, управление человеческим капиталом и т.д.

Выводы:

-инвентарный парк электровозов серии ВЛ80 в значительной степени устарел и требует обновления;

- обновление парка электровозов рекомендуется производить за счет покупки современных электровозов серии KZ8A. В ближайшие десять лет необходимо закупить не менее 45 электровозов в год;

- для организации сервисного обслуживания электровозов серии KZ8A необходимо предусмотреть открытие двух сервисных центров и четырех пунктов сервисного обслуживания в течение 10 лет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Асланов Д.Г., Ершов А.В., Зинулла Е. Анализ результатов испытаний и базовых характеристик электровозов серий KZ8A и KZ4AT, планируемых к эксплуатации на Азербайджанских железных дорогах. Журнал «Новости науки Казахстана», № 4 (126), 2015 г., стр. 146-160
- [2] Жуманов А.У. Локомотивный парк Республики Казахстан. Журнал «Транспорт Российской Федерации», № 6 (79), 2018 г., стр. 45 – 48
- [3] Просви́ров Ю.Е. Организация и основы технологии работы локомотивного хозяйства. Учебное пособие – Самара : СамГУПС, 2007. – 99 с.

REFERENCES

- [1] Aslanov D.G. Ershov A. V., Zinulla E. Analiz rezultatov ispytaniy i bazovykh harakteristik elektrovozov serii KZ8A i KZ4AT, planiruemykh k ekspluatatsii na Azerbaidjanskim jeleznyh dorogah. [In Russian: Analysis of test results and basic characteristics of kz8a and KZ4AT series electric locomotives planned for operation on Azerbaijani Railways.] Jurnal «Novosti nauki Kazakhstan», № 4 (126), 2015 г., str. 146-160
- [2] Jumanov A.U. Locomotivnyi park respubliky Kazakhstan.[In Russian: Locomotive fleet of the Republic of Kazakhstan]. Jurnal «Transport Rossiiskoi Federatzii», № 6 (79), 2018 г., стр. 45 – 48.
- [3] Prosvirov J.E. Organizatziya i osnovy texnologii raboty lokomotivnogo hozyaistva. [In Russian: Organization and technology of work of a locomotive economy] Uchebnoe posobie – Samara: SamGUPS, 2007. – 99 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ KZ8A НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна, к.т.н., Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; natalyokmur@mail.ru

Камилов Айбек Талгат-Бекович, технический директор, ТОО «Электровоз құрастыру зауыты», г. Нур-Сұлтан, Казахстан; kamilov_a@mail.ru

KZ8A ЭЛЕКТРОВОЗДАРЫН ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ТЕМІР ЖОЛДАРЫНДА

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна, т.ғ.к., М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан; natalyokmur@mail.ru

Камилов Талгат-Бекович, техникалық директор, "Электровоз құрастыру зауыты" ЖШС, Нұр-сұлтан қ., Қазақстан; kamilov_a@mail.ru

Андатпа. Қазіргі уақытта "ҚТЖ – Жүк тасымалы" АҚ электровоздарының инвентарлық паркі айтарлықтай ескірген және жаңартуды талап етеді. Бұл мақалада жүк локомотиві ретінде KZ8A сериялы Электровозды пайдаланудың артықшылықтары қарастырылған. Статистикалық деректерді талдау негізінде инвентарлық парк локомотивтерінің сериядан кейінгі тозу пайызы анықталды және қалдық ресурсты есепке ала отырып, ВЛ80 сериялы электровоздарды есептен шығару жоспары әзірленді. 2020-2029 ж.ж. кезеңіне есептелген болжамды жүк айналымының негізінде электровоздардың жүк қозғалысына жылдық қажеттілігі анықталды. 2020-2029 ж.ж. кезеңіне электровоз паркін жаңарту және жақын болашақта KZ8A сериялы электровоздарға техникалық қызмет көрсету пункттерін және сервистік орталықтар ашу бойынша ұсыныстар әзірленді.

Түйін сөздер: тозу пайызы локомотивтерді жаңарту, мүкәммал паркінің, цент сервистік қызмет көрсету.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.122-130

APPROXIMATION OF TRACTION CHARACTERISTICS OF DIESEL LOCOMOTIVES OF INDUSTRIAL RAILWAY TRANSPORT

Alexander Rozhkov, Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, alexktpm@mail.ru

Khaybullin Rashid Ravilievich, Doctor of technical sciences, Professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, medtex2000@mail.ru

Mikhail Nartov, PhD Student, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, m.nartov_tk65@list.ru

Timur Bikenov, Master's Degree Student, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan, becosa@mail.ru

Abstract. This article is devoted to topical issues of diesel locomotive traction in railway industrial transport. The authors briefly reviewed previous studies on traction calculations for railway transport. In this article proposed method of approximation of traction force functions from speed (traction characteristics) of diesel locomotives of railway industrial transport using modern software. As an example, the authors give an algorithm of approximation of the chart of traction characteristic of TEM2 shunting diesel locomotive used at enterprises of mining and metallurgical industries of the Republic of Kazakhstan. To be able to use the selected approximation method, the traction characteristics of each position were divided into parts of the hyperbolas in a given speed range. The result of approximation of traction characteristic of diesel locomotive is possibility of determination of traction force at specified values of speed and position of the controller of the driver. As a result of the approximation, analytical expressions were obtained that describe the dependence of the traction force on the speed of movement for each position of the controller. Using a routine recognized in the Microsoft Visual Basic compiler, the values of speed and the corresponding traction force of the 4th, 5th and 6th positions of the controller were calculated. This study was carried out in order to further develop the methodology of refined traction calculation for train and maneuvering operation of diesel locomotives in industrial enterprises. The refined traction calculation in turn allows to optimize the locomotive control process as part of the freight train when moving along the railway tracks of industrial enterprises.

Keywords: industrial transport, function approximation, traction characteristic, shunting diesel locomotive, traction calculation.

УДК 629.4

А.В. Рожков¹, Р.Р. Хайбуллин¹, М.А. Нартов¹, Т.Р. Бикенов¹

¹Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан

АППРОКСИМАЦИЯ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. Настоящая статья посвящена актуальным вопросам тепловозной тяги на железнодорожном промышленном транспорте. Авторами проведен краткий обзор проводимых ранее исследований по тяговым расчетам для железнодорожного транспорта. В работе предложен способ аппроксимации функций силы тяги от скорости движения (тяговых характеристик) тепловозов железнодорожного промышленного транспорта с применением современных программных средств. В качестве примера авторами приводится алгоритм аппроксимации графика тяговой характеристики маневрового тепловоза ТЭМ2, широко применяемого на предприятиях добывающей и металлургической отраслей промышленности Республики Казахстан. Результатом аппроксимации тяговой характеристики тепловоза является возможность определения силы тяги при заданных значениях скорости и позиции контроллера машиниста. Данное исследование проведено в целях дальнейшей разработки методики уточненного тягового

расчета для поездной и маневровой работы тепловозов в условиях промышленных предприятий. Уточненный тяговый расчет, в свою очередь, позволяет оптимизировать процесс управления локомотивом в составе грузового поезда при движении по железнодорожным путям промышленных предприятий.

Ключевые слова: промышленный транспорт, аппроксимация функции, тяговая характеристика, маневровый тепловоз, тяговый расчет.

Введение. Железнодорожный транспорт в составе всего технологического комплекса промышленного транспорта призван выполнять задачу по перемещению грузов для нужд предприятия. При этом, в отличие от магистральных железнодорожных путей, с точки зрения энергоэффективности, не требуется перевозить грузы на большие расстояния за минимально короткий промежуток времени. Также не требуется обеспечивать максимально возможную пропускную способность железнодорожных путей, главным критерием эффективности промышленного железнодорожного транспорта являются количественные показатели перевозимых грузов. Широко применяемый в практике тяговых расчетов для поездной работы «расчет на минимум времени хода» не подходит для промышленных локомотивов. Если задается максимальная сила тяги, которую на расчетном участке может развить локомотив, реализуя максимальную скорость движения поезда и обеспечивая минимальное время хода - расход энергии на тягу будет максимальным, что экономически нецелесообразно в условиях небольшой интенсивности движения по промышленным железнодорожным путям.

Актуальность работы. Учитывая специфику работы промышленного железнодорожного транспорта на предприятиях металлургической, угольной, машиностроительной, лесной, строительной промышленности разработка методики тяговых расчетов промышленных локомотивов является актуальной задачей. В настоящее время тяговые расчеты для поездной и маневровой работы на железнодорожных путях промышленных предприятий

производятся на ЭВМ с помощью специально разработанных программ [1]. Однако применяемая методика практически не изменилась с того времени, когда расчеты производились графическими или графоаналитическими методами в соответствии с Правилами тяговых расчетов для поездной работы и представлении поезда в виде материальной точки определенной массы (без учета длины состава) [2].

Анализ литературы. Созданию методики энергоэффективного тягового расчета посвящен ряд работ [3, 4]. Однако вышеперечисленные исследования проводились в рамках оптимизации движения пассажирских и грузовых поездов электровозной тяги по магистральным линиям и их результаты практически невозможно применить в области промышленного транспорта.

Вопросам аппроксимации и нахождению аналитических зависимостей характеристик тяговых электрических двигателей подвижного состава посвящена работа [5]. Аппроксимация тяговой характеристики электровоза для дальнейшей оптимизации (по расходу электроэнергии) процесса ведения поезда подробно описывается в работе [4]. В перечисленных выше исследованиях аппроксимация проводится сплайнами или полиномами. Ввиду сложности, данный подход требует разработки специальных подпрограмм для расчетов.

Для проведения тяговых расчетов возможно применение универсальной программы «Mathcad», данному направлению посвящена работа [6]. Однако в этих исследованиях в качестве расчетных данных используются значения, полученные графическими или

графоаналитическими методами в соответствии с [2].

Постановка задачи. Целью настоящей работы является получение аналитических выражений, описывающих зависимость значений касательной силы (далее – сила тяги) тяги развиваемой тепловозом ТЭМ2 от скорости движения и выбранной позиции контроллера машиниста (далее – контроллер). Для получения аналитических выражений необходимо провести аппроксимацию графиков нелинейной зависимости силы тяги от скорости для каждой позиции контроллера. При аппроксимации характеристики с нелинейной зависимостью должны решаться задачи выбора вида аналитического выражения и расчета коэффициентов этого выражения.

Методы исследования. Выбирая вид аппроксимирующего (аналитического) выражения, необходимо стремиться к тому, чтобы получаемая кривая по характеру соответствовала заданной, а выражение было по возможности простым. В настоящей работе в качестве инструмента аппроксимации был выбран метод наименьших квадратов [7]. Для аппроксимации была выбрана тяговая характеристика маневрового тепловоза с

электрической передачей ТЭМ2, который широко применяется на промышленных предприятиях для внутренних железнодорожных перевозок и вывозной работы. Тяговый расчет поезда с данным локомотивом выполняется на основе табличных значений и графика приведенных в [2]. Однако для целей аппроксимации эти расчетные значения не подходят, так как кривые тяговой характеристики и табличные значения зависимости силы тяги и тока тягового двигателя приведены только для 8-ой позиции контроллера. Более детальный график тяговых характеристик для всех позиций контроллера, приведен в справочной литературе по тепловозу ТЭМ2, но лишь до значения скорости 70 км/ч и с применением внесистемных (килограмм-сила) единиц измерения силы тяги [8]. Исходя из анализа имеющейся информации, был выбран график тяговых характеристик для всех позиций контроллера (см. рисунок 1), содержащийся в нормативных документах ОА «РЖД» [9]. Можно предположить, что данный график был составлен по результатам испытаний тепловозов путем аппроксимации полученных значений силы тяги.

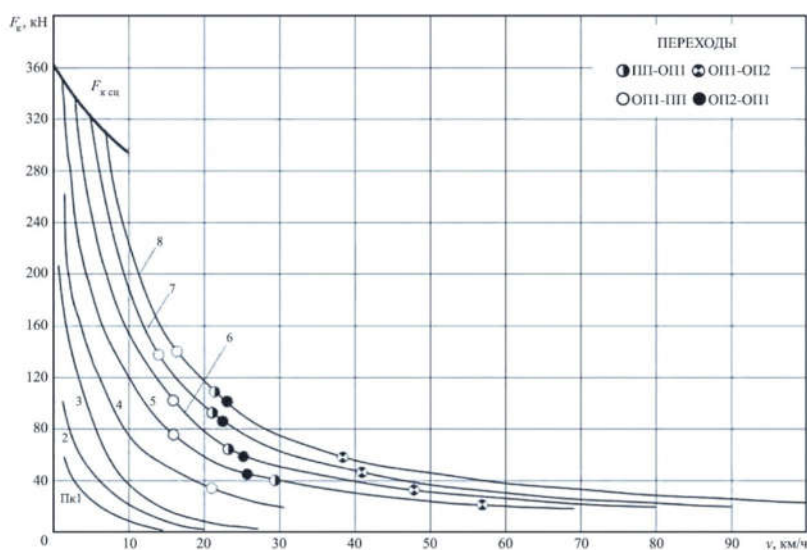


Рис. 1 – Тяговые характеристики на различных позициях контроллера тепловоза ТЭМ2 согласно [15].

Fig. 1 – Traction characteristics at different positions of the controller of the diesel locomotive TEM2 according to [15].

Количество выбранных точек кривой графика приведено в
для аппроксимации каждой таблице 1.

Таблица 1 – Количество точек для аппроксимации тяговых характеристик по каждой позиции котроллера тепловоза ТЭМ2.

Table 1 – Number of points for approximation of traction characteristics for each position of the controller of the diesel locomotive TEM2.

№	Позиция контроллера	Степень возбуждения ТЭД (сильное поле (СП)/ослабленное поле(ОП)	Количество точек на кривой
1.	I	-	7
2.	II	-	6
3.	II	-	16
4.	IV	СП	14
5.		ОП	7
6.	V	СП	15
7.		ОП1	18
8.		ОП2	15
9.	VI	СП	15
10.		ОП1	10
11.		ОП2	11
12.	VII	СП	13
13.		ОП1	9
14.		ОП2	10
15.	VIII	СП	11
16.		ОП1	8
17.		ОП2	11

Известно, что тяговые характеристики электровозов и тепловозов с электрической передачей являются кусочно-гладкими функциями. Ввиду этого, не представляется возможным аппроксимировать тяговую характеристику выбранной позиции контроллера целиком применяя метод наименьших квадратов для аналитического выражения гиперболической функции вида $y = \sqrt{a + b/x}$. Для возможности применения выбранного метода аппроксимации, тяговые характеристики каждой позиции были разделены на части гипербол в заданном диапазоне скоростей (см. таблицу 2), далее полученные кривые были аппроксимированы методом наименьших квадратов.

Результаты исследования. В результате аппроксимации были получены аналитические выражения, описывающие зависимость силы тяги от скорости движения для каждой позиции контроллера, представленные в таблице 2. Также в «Mathcad» были получены графики аппроксимированных тяговых характеристик, в качестве примера на рисунке 3 приведён график в формате «Mathcad» для 8-ой позиции контроллера. Рисунок 4 содержит алгоритм аппроксимирующего расчета для 8-ой позиции контроллера в программной среде «Mathcad», из которого следует, что $z1(t)$, $z2(t)$ и $z3(t)$ (см. рис.3) – это аппроксимирующие прямые, соответствующие заданным диапазоном скоростей $v1$, $v2$ и $v3$.

Таблица 2 – Аналитические выражения, полученные в «Mathcad» в результате аппроксимации для каждой позиции контроллера

Table 2 – Analytical expressions obtained in «Mathcad» as a result of approximation for each position of the controller

Позиция контроллера	Диапазон скорости движения	Аналитическое выражение в формате «Mathcad», полученное в результате аппроксимации
I	свыше 1,5 до 5 км/ч	$73 - 10 * v$
	свыше 5 до 6,7 км/ч	$40.059 - 3.412 * v$
	свыше 6,7 до 15 км/ч	$-13.877 + 206.464/v$
II	свыше 1 до 5 км/ч	$117.264 - 14.253 * v$
	свыше 5 до 10 км/ч	$72.025 - 5.202 * v$
	свыше 10 до 20 км/ч	$-19.56 + 400.612/v$
III	свыше 0,5 до 6,7 км/ч	$213.757 - 22.884 * v$
	свыше 6,7 до 10 км/ч	$139.939 - 10.394 * v$
	свыше 10 до 27 км/ч	$-21.39 + 580.258/v$
IV	свыше 1 до 5 км/ч	$294.528 - 31.506 * v$
	свыше 5 до 10 км/ч	$198.025 - 12.202 * v$
	свыше 10 до 30,5 км/ч	$-8.199 + 874.424/v$
V	свыше 1 до 5 км/ч	$385 - 40 * v$
	свыше 5 до 10 км/ч	$250 - 13 * v$
	свыше 10 до 69 км/ч	$-0.862 + 1.23 * 10^3/v$
VI	свыше 3 до 5 км/ч	$456.5 - 42.5 * v$
	свыше 5 до 10 км/ч	$332.013 - 17.601 * v$
	свыше 10 до 20 км/ч	$232.063 - 7.911 * v$
	свыше 20 до 80 км/ч	$1.8 + 1.48 * 10^3/v$
VII	свыше 5 до 10 км/ч	$436.975 - 24.798 * v$
	свыше 10 до 13 км/ч	$305 - 11.6 * v$
	свыше 13 до 90 км/ч	$-3.438 + 2.051 * 10^3/v$
VIII	свыше 6,7 до 13 км/ч	$439.524 - 20.861 * v$
	свыше 13 до 16,1 км/ч	$303 - 10 * v$
	свыше 16,1 до 100 км/ч	$-1.232 + 2.324 * 10^3/v$

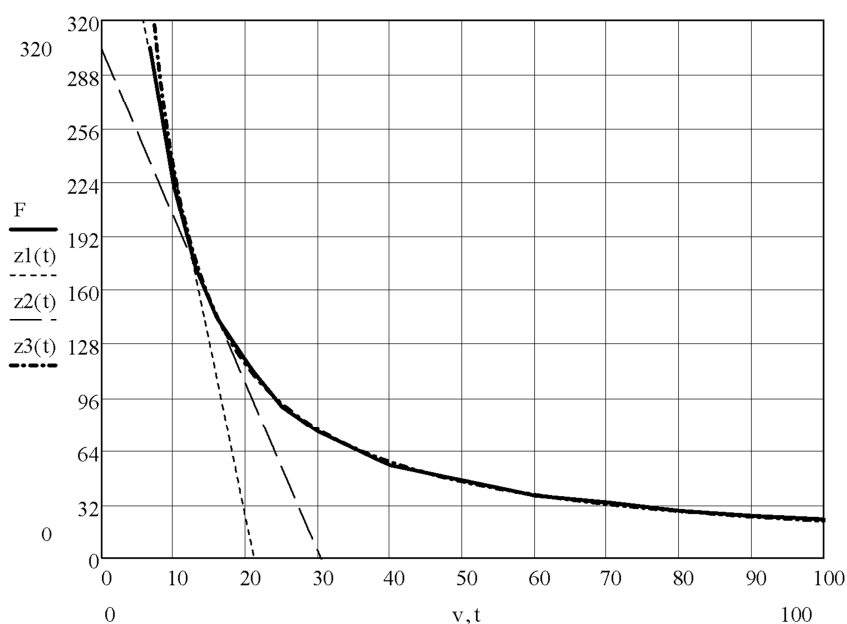


Рис. 2 – График аппроксимированной тяговой характеристики в формате «Mathcad» для 8-ой позиции контроллера

Fig. 2 – The graph of the approximated traction characteristic in the Mathcad format for the 8th position of the controller

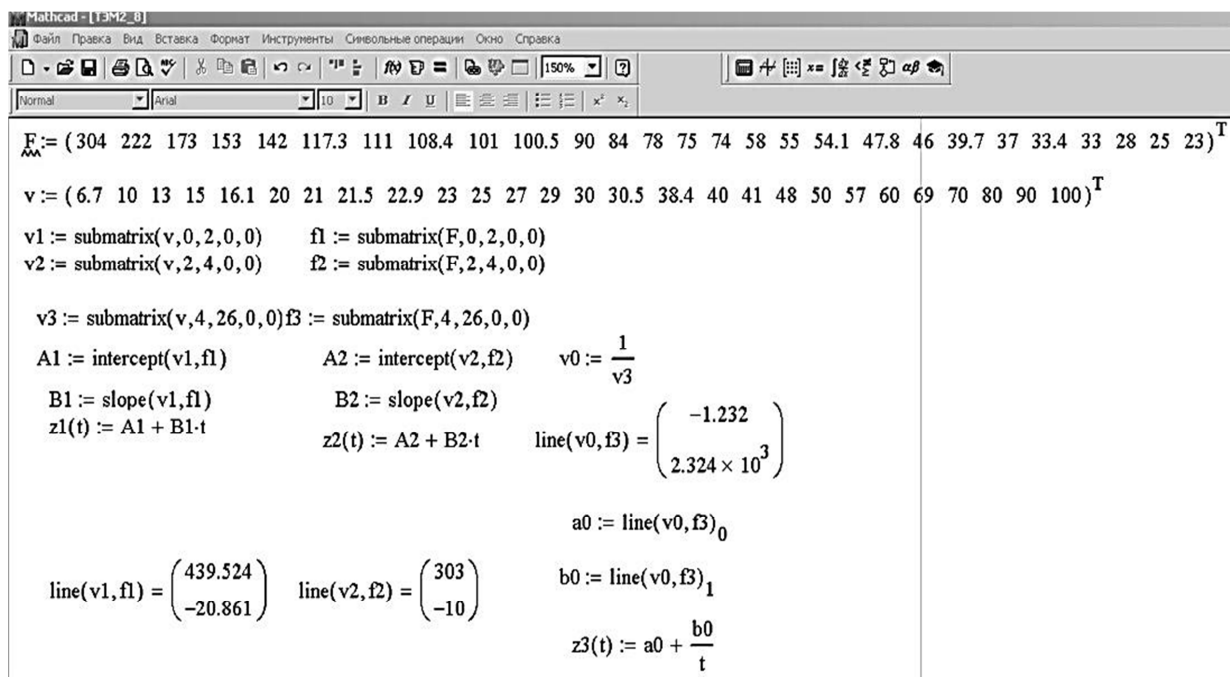


Рис. 3 – Алгоритм аппроксимирующего расчета в программной среде «Mathcad»
Fig. 3 – Approximation calculation algorithm in software environment «Mathcad»

С помощью подпрограммы, созданной в компиляторе Microsoft Visual Basic (см. рисунок 4), были рассчитаны значения скорости и соответствующей силы тяги 4, 5 и 6-й, позиций контроллера. Можно предположить, что эти позиции наиболее часто используются при

управлении промышленным тепловозом (повышенный вес состава и ограничение максимальной скорости движения в условиях промышленного предприятия). Полученные в результате аппроксимации для данных позиций контроллера представлены в таблице 3.

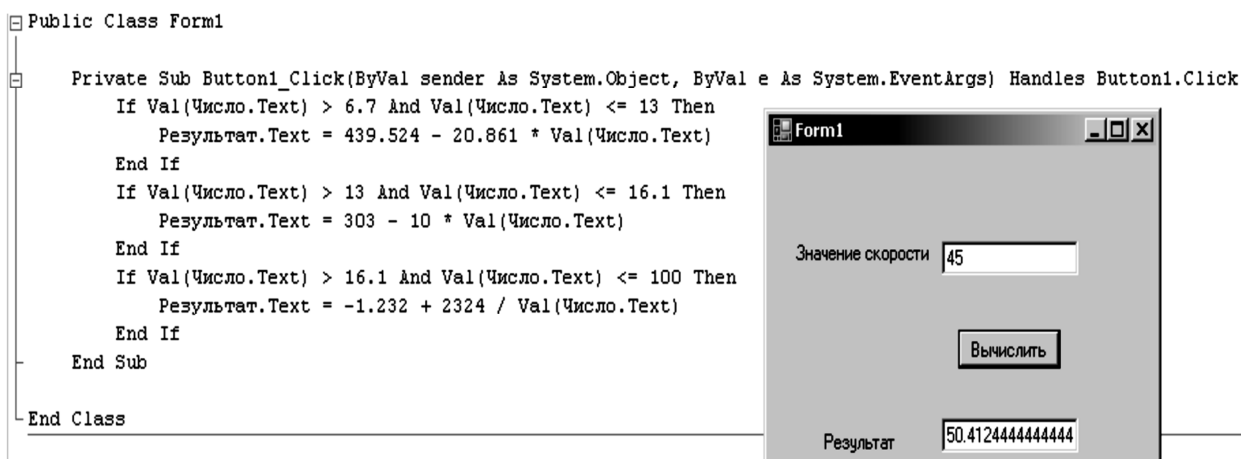


Рис. 4 – Подпрограмма для вычисления значения силы тяги в зависимости от скорости (пример для 8-ой позиции контроллера)
Fig. 4 – Subroutine for calculating the value of the traction force depending on the speed (example for the 8th position of the controller)

Таблица 3 – Значения скорости и соответствующей силы тяги, полученные в результате аппроксимации для 4, 5 и 6-ой позиций контроллера

Table 3 – Values of speed and corresponding traction force obtained as a result of approximation for the 4th, 5th and 6th positions of the controller

Скорость движения	Позиция контроллера	Сила тяги, кН	Скорость движения	Позиция контроллера	Сила тяги, кН
5 км/ч	IV	137,015	28 км/ч	IV	23,030
	V	185,000		V	43,066
	VI	244,008		VI	54,657
10 км/ч	IV	79,2434	30 км/ч	IV	20,948
	V	122,138		V	40,138
	VI	152,953		VI	51,133
13 км/ч	IV	59,064	35 км/ч	IV	-
	V	93,753		V	34,280
	VI	129,220		VI	44,085
15 км/ч	IV	50,095	38 км/ч	IV	-
	V	81,138		V	31,506
	VI	113,398		VI	40,747
18 км/ч	IV	40,380	40 км/ч	IV	-
	V	67,471		V	29,888
	VI	89,665		VI	38,800
20 км/ч	IV	35,522	45 км/ч	IV	-
	V	60,638		V	26,471
	VI	75,800		VI	34,688
23 км/ч	IV	29,819	48 км/ч	IV	-
	V	52,616		V	24,763
	VI	66,147		VI	32,633
25 км/ч	IV	26,777	50 км/ч	IV	-
	V	48,338		V	23,738
	VI	61,000		VI	31,400

Выводы. Значения силы тяги, полученные при аппроксимации тяговых характеристик тепловоза ТЭМ2 и являющиеся результатом данных исследований имеют приемлемую сходимость с данными расчета, выполненными в АО «РЖД» с помощью специализированной компьютерной программы для тяговых расчетов - ИСКРА-ПТР [10]. Таким образом, результаты аппроксимации способом,

предлагаемым авторами данной статьи, обладают достаточной точностью, полученные кривые тяговых характеристик соответствуют заданным. Предлагаемая методика аппроксимации тяговых характеристик тепловозов может быть в перспективе применена при создании уточненного энергооптимального тягового расчета для железнодорожного промышленного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тяговик. Обзор программ. Программы для тяговых расчетов [Электронный ресурс]. – URL: http://loko.su/level2/Program_0.html (дата обращения: 27.10.2019).
- [2] Правила тяговых расчетов для поездной работы / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, А.И. Скворцова и др. – М.: Транспорт, 1985. – 272 с.
- [3] Мугинштейн Л.А. Энергооптимальный тяговый расчет движения поездов / Л.А. Мугинштейн, С.А. Виноградов, И.А. Яблоко // Железнодорожный транспорт, 2010. – № 2. – С. 24-29.

- [4] Арпуль С.В. Моделирование области допустимых управлений уравнения движения пассажирского поезда // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, 2004. – №4. – С. 17-22.
- [5] Друбецкий А.Е. Аппроксимация универсальной магнитной характеристики для моделирования тяговых электрических машин // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, 2017. – №1. – С. 106-116.
- [6] Черняк Ю.В. Применение интегрированного пакета программ «Mathcad» при проведении тяговых расчетов для поездной работы / Ю.В.Черняк, С.А. Матвиенко // Сборник научных трудов ДонИЖТ, 2006. – №8. – С. 144-161.
- [7] Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. – Л.: Физматгиз, 1962. – 352 с.
- [8] Тепловозы ТЭМ1 и ТЭМ2. Изд. 2-е, испр. и доп. / Сдобников Е.Ф. Аронов П.М., Бажинов В.А. и др. – М.: Транспорт, 1978. – 278 с.
- [9] Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: ОАО «РЖД», 2016. – 515 с.
- [10] ИСКРА-ПТР. Теория тяги поездов и тяговые расчеты. Тяговые средства. Тепловоз: ТЭМ2; ТЭМ2А; ТЭМ2К; ТЭМ2У; ТЭМ2УМ. Касательная сила тяги [Электронный ресурс]. – URL: <https://sites.google.com/site/tagapoezd/tagsredstva/tem2> (дата обращения: 27.10.2019).

REFERENCES

- [1] *Tjagovik. Obzor programm. Programmy dlja tjagovyh raschetov* [in Russian: Tjagovik. Review of programs. Programs for traction calculations]. Jelektronnyj resurs, URL: http://loko.su/level2/Program_0.html (data obrashhenija: 27.10.2019).
- [2] *Pravila tjagovyh raschetov dlja poezdnoj raboty* [in Russian: Rules for traction calculations for train work]. Grebenjuk P.T., Dolganov A.N., Skvorcova A.I. i dr., Moscow, Transport, 1985, 272 s.
- [3] Muginshtejn L.A. *Jenergootimal'nyj tjagovyj raschet dvizhenija poezdov* [in Russian: Energy-optimal traction calculation of trains traffic]. L.A. Muginshtejn, S.A. Vinogradov, I.A. Jabko, Zheleznodorozhnyj transport, 2010, № 2, S. 24-29.
- [4] Arpul' S.V. *Modelirovanie oblasti dopustimyh upravlenij uravnenija dvizhenija passazhirskogo poezda* [in Russian: Modeling the region of permissible controls for the equation of motion of a passenger train]. Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta, 2004, №4, S. 17-22.
- [5] Drubeckij A.E. *Approksimacija universal'noj magnitnoj harakteristiki dlja modelirovanija tjagovyh jelektricheskikh mashin* [in Russian: Approximation of the universal magnetic characteristic for modeling traction electric machines]. Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta, 2017, №1, S. 106-116.
- [6] Chernjak Ju.V. *Primenenie integrirovannogo paketa programm Mathcad pri provedenii tjagovyh raschetov dlja poezdnoj raboty* [in Russian: Application of the integrated Mathcad software package for traction calculations for train work]. Ju.V.Chernjak, S.A. Matvienko, Sbornik nauchnyh trudov DonIZhT, 2006, №8, S. 144-161.
- [7] Linnik Ju.V. *Metod naimen'shih kvadratov i osnovy matematiko-statisticheskoy teorii obrabotki nabljudenij* [in Russian: Least Squares Method and the Basis of the Mathematical and Statistical Theory of Observation Processing]. Leningrad, Fizmatgiz, 1962, 352 s.
- [8] *Teplovozy TJeM1 i TJeM2]. Izd. 2-e, ispr. i dop.* [in Russian: Diesel locomotives TEM1 and TEM2. 2nd edition, revised and supplemented Sdobnikov E.F. Aronov P.M., Bazhinov V.A. i dr., Moscow, Transport, 1978, 278 s.
- [9] *Pravila tjagovyh raschetov dlja poezdnoj raboty* [in Russian: Rules for traction calculations for train work]. Moscow, ОАО «RZhD», 2016, 515 s.
- [10] *ISKRA-PTR. Teorija tjagi poezdov i tjagovye raschety. Tjagovye sredstva. Teplovoz: TJeM2; TJeM2A; TJeM2K; TJeM2U; TJeM2UM. Kasatel'naja sila tjagi* [in Russian: ISKRA-PTR. Theory of train traction and traction calculations. Traction means. Diesel locomotive: TEM2; TEM2A; TEM2K; TEM2U; TEM2UM. Tangent traction force]. Jelektronnyj resurs, URL: https://sites.google.com/site/tagapoezd/tagsredstva/tem2#specific_fk (data obrashhenija: 27.10.2019)

АППРОКСИМАЦИЯ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Рожков Александр Владимирович, к.т.н., старший преподаватель, Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, alexktpm@mail.ru

Хайбуллин Рашид Равильевич, д.т.н., профессор, Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, medtex2000@mail.ru

Нартов Михаил Алексеевич, докторант, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан, m.nartov_tk65@list.ru

Бикенов Тимур Рашитович, магистрант, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан, becosa@mail.ru

ӨНЕРКӘСІПТІК ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ТЕПЛОВОЗДАРЫНЫҢ ТӘСІЛДІК СИПАТТАМАЛАРЫН ҚОЛДАНУ АППРОКСИМАЦИЯСЫ

Рожков Александр Владимирович, т.ғ.к., аға оқытушы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, alexktpm@mail.ru

Хайбуллин Рашид Равильевич, т.ғ.д., профессор, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, medtex2000@mail.ru

Нартов Михаил Алексеевич, докторант, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, m.nartov_tk65@list.ru

Бикенов Тимур Рашитович, Магистрант, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, becosa@mail.ru

Аңдатпа. Бұл мақала теміржол өнеркәсіптік көлігіндегі локомотивті тартудың өзекті мәселелеріне арналған. Авторлар теміржол көлігіндегі тарту күштерін есептеу бойынша алдыңғы зерттеулерге қысқаша шолу жасады. Өндірістік теміржол локомотивтерінің қозғалыс жылдамдығына байланысты (тарту сипаттамасы бойынша) тарту күші функцияларын заманауи бағдарламаларын қолдана отырып аппроксимациялау әдісі ұсынылған. Мысал ретінде авторлар Қазақстан Республикасының тау-кен және металлургия өнеркәсібінің кәсіпорындарында кеңінен қолданылатын ТЭМ2 маневрлік тепловозының тарту сипаттамаларының кестесін аппроксимациялау алгоритімі ұсынылады. Жүргізуші контроллері бойынша позициялау және берілген жылдамдығы бойынша тарту күшін анықтай алуы локомотивтің тарту сипаттамаларын аппроксимациялау нәтижесі болып табылады. Бұл зерттеу өндірістік кәсіпорындардағы пойыздық және маневрлік операциялары барысында тарту күшті есептеу әдісін одан әрі дамыту мақсатында жүргізілді. Түзетілген тарту есебі өз кезегінде өндірістік кәсіпорындардың теміржол желілерде жүру кезінде жүк пойызының құрамындағы локомотивті басқару процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: өндірістік көлік, функцияны аппроксимациялау, тарту сипаттамасы, маневрлік локомотив, тарту есебі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.130-137

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ELECTROMAGNETIC IMPACT ON THE LOCOMOTIVE CREW

Amandyk YElshibekov, Master (Eng.), doctoral student, Kazakh Academy of transport and communication M. Tynyshpaeva, Almaty, Kazakhstan, a_.kz@mail.ru

Shamil Abdrashov, Master (Eng.), doctoral student, Kazakh Academy of transport and communication M. Tynyshpaeva, Almaty, Kazakhstan a_shamil-80@mail.ru

Dinmukhamed Seisenkulov, Master (Eng.), Kazakh Academy of transport and communication M. Tynyshpaeva, Almaty, Kazakhstan, dimash1982@bk.ru

Abstract. Until recently, regardless of the traction of trains, it was believed that in the cab of the locomotive there are no magnetic fields. This opinion is erroneous, due to the fact that scientists studying the degree of influence of magnetic fields generated by traction engines of railway rolling stock (electric locomotives, motor-car sections, electric trains of the subway), the fact of influence of these phenomena on the health of workers of locomotive crews was proved.

The main sources of electromagnetic fields currently available on the railway, divided by the degree of their impact on the environment and the human body are:

- 25 kV AC contact network;
- transformers and electrical installations of traction substations;
- traction engines and conversion units of locomotives, electrical installations of trains, electric heating systems of cars;

- overhead power supply lines for non-traction consumers with voltage over 1000 V;
- air lines of high and ultrahigh voltage at their intersection with the railway track [8].

Sources of electromagnetic pollution are power lines, electric vehicles, including trains, industrial plants, etc. This article formulated suggestions to improve the safety of the locomotive team and the need to study the problems of the harmful and dangerous effects of the electromagnetic field on living organisms and humans.

Modern rail transport, together with all associated infrastructure within the city, is one of the key elements of the aggressive effects of natural ecosystems and electromagnetic pollution.

This situation requires minimizing the effects of electromagnetic fields on the locomotive crews, which requires the provision of fully protected industrial and domestic radiation sources, the introduction of personal protective equipment, and the strict observance of preventive and hygienic requirements.

Key words: locomotive team, electromagnetic field, electric rolling stock, labor safety of locomotive teams.

ӘОЖ 613.6.656

А.М. Елшібеков¹, Ш.А. Абдрешов¹, Д.К. Сейсенкулов¹

¹М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ЛОКОМОТИВ БРИГАДАЛАРЫНА ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТІҢ ӘСЕР ЕТУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Электрмагниттік ластану көздері электр беру желілері, электр көлігі, оның ішінде электр поездары, өнеркәсіптік қондырғылар және т. б. болып табылады. Бұл мақалада локомотив бригадасының еңбек қауіпсіздігін арттыру және тірі организмдер мен адамға электромагнитті өрістің зиянды және қауіпті әсер ету проблемаларын зерттеу қажеттілігі жөнінде ұсыныстар тұжырымдалған.

Түйін сөздер: Локомотив бригадасы, электромагниттік өріс, электрлі жылжымалы құрам, локомотив бригадаларының еңбек қауіпсіздігі.

Кіріспе. «ҚТЖ» ҰК» АҚ 2020 ж. дейінгі стратегиялық дамуының негізгі бағыттары бойынша локомотив шаруашылықтарының ұйымдастырылуын басқару жүйесін түбегейлі өзгерту қарастырылған. Соның ішінде стратегиялық жоспарда локомотивтердің қатынау аймағын 2500 км дейін және одан да жоғары созу, локомотив бригадаларын қызмет көрсету иіндерін 500 км дейін жеткізу жоспарланған. Бірақ бұл жоспар локомотив бригадаларының жұмысын ұйымдастыруға жаңа өзгерістер енгізілмейінше жүзеге аспайтыны анық.

Локомотив бригадаларының біркелкі емес жұмыс ауысымынан (күндізгі және түнгі уақытта), жұмыстың басталуы мен аяқталуының күннің әртүрлі уақытында болуы, бригадалардың қатынау пунктінде еріксіз дем алысы, жоспарланбаған еңбек және демалыс кестесі, кейбір жағдайларда асыра

жұмыстың орындалуы қозғалыс қауіпсіздігінде аса жауапкершілікті туындатады. Сонымен қатар жұмыс жағдайында машинистке сыртқы тітіркендіргіштер – төмен жиілікті шум, электромагнитті толқындар, жұмыс орнындағы жергілікті және жалпы тербелістер, поезд қозғалысың жоғары жылдамдығы кезінде шпалдардың, контактілі желінің, тіректі столбтардың жыпылықтауы әсер етеді.

Осы уақытқа дейін локомотив кабинасында магнит өрісі жоқ, болса да өте төмен мөлшерде (есепке алмауға да болады) деп есептелді. Мұндай пікірдің қате екендігі, жылжымалы құрамдардың (электровоздар, электропоездар, метрополитендер) тартым қозғалтқыштарынан туындайтын магнит өрісінің деңгейін өлшеп жүрген ғалымдардың еңбектерінен анықтауға болады, және осы магнит өрісінің деңгейі

локомотив бригадаларына әсер ететіндігі дәлелденген.

Темір жолда қазіргі кезде деңгейі бойынша бөлінетін экологияға және адам ағзасына әсер ететін электромагниттік өрістің негізгі көздері:

- айнымалы тоқтағы контактілік желі 25 кВ;

- трансформаторлар және тартым подстанцияларының электрқондырғылары;

- локомотивтің тартым қозғалтқыштары және түрлендіргіш қондырғылары, поездың электрқондырғылары, вагондардың электр жылыту жүйелері;

- кернеуі 1000В жоғары тартым емес тұтынушыларын электрмен камтамасыз ететін ауа желілері.

- жоғары және аса жоғары кернеулі ауа желілерінің теміржол төсемдерімен тоғысқан жерлері [8].

Әдістеме. Электр тартымы бар барлық көлік салыстырмалы қарағанда жиілігі диапазоны 0 ден 1000Гц дейін болатын күшті магнит өрісін тудыратын көз болып саналады. Мысалы қаларалық электропоездарда магнит индукциясы ағынының тығыздығының максималды мәні 75мкТл, орташа мәні 20 мкТл жетеді.

Локомотив бригадаларына электромагниттік өрістердің әсерін одан әрі талдау үшін келесі ғалымдардың зерттеулері келтірілген:

А. Б. Ширшовтың зерттеулеріне сәйкес электромагниттік өріс параметрлерін теориялық талдау:

- 5,75 м биіктіктегі электр өрісінің кернеулігі бір жолды (13,46 кВ/м) учаскеде де, екі жолды (11,65 кВ/м) қалыпты жағдайдан асады;

- магнит өрісінің кернеулігі (176 А/м – бір жолды учаске, 160 А/м - екі жолды учаске) қалыпты жағдайдан асады;

- жол осінен 2 м дейінгі қашықтықтағы кеңістікте кернеулік нормаланатын мәндерден жоғары [6].

Зерттеу мәліметтеріне сәйкес, Е. Э. Закиев локомотивтерде ең көп көріністе 3,4 мкТл-дан (айнымалы ток) 5+7 мкТл-ға (тұрақты ток) жететін магниттік өрістер

бар екені анықталды. Бұл мәліметтер жоғары вольтты камера, трансформатор және түрлендіргіштер шегінде өлшеу кезінде алынған [5].

Н. И. Бурлақтың зерттеулерінде келтірілген деректерге сәйкес, электр поездарының машинистерінде жүректің ишемиялық ауруы электрлі көліктердің машинистеріне қарағанда 2,27 есе жиірек кездеседі, бұл ретте ол 30 жасқа толмаған адамдар да зардап шегеді. Темір жолдың тартқыш подстанциясында жұмыс істейтіндерді тексеру кезінде машинистер мен олардың көмекшілері гипотрофиямен және жүректің ишемиялық ауруымен жиі зардап шегетінін көрсетті. Электровоз машинистері мен олардың көмекшілері миокард инфаркты және инсульттан болатын ауру және өлім деңгейі бойынша бірінші орынды алады. Олардың өмір сүру ұзақтығы орта есеппен 50 жылды құрайды. Қызметкерлер арасында депрессиялық жағдай таралған [4].

Электромагниттік өріс зарядталған бөлшектер мен электромагниттік өрістің магнитті құраушысы арасында туындайтын электростатикалық өзара әсерлесуімен анықталады. Электромагниттік өрістің екі құраушысы да биологиялық белсенділік дәрежесі бойынша және сыртқы ортадағы тұрақтылық бойынша ерекшеленеді.

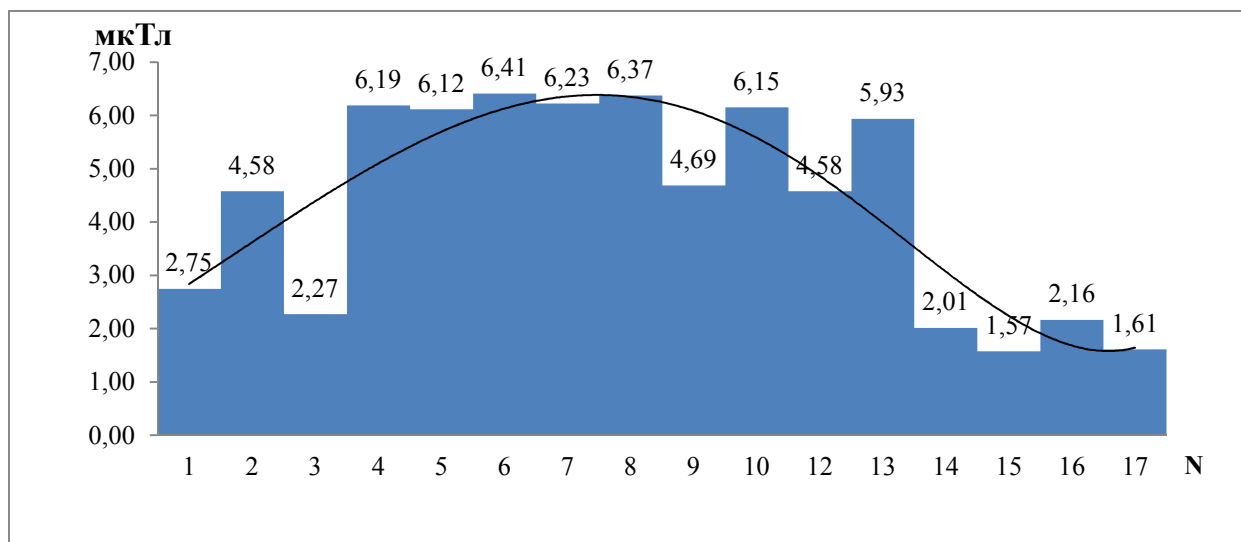
Қазіргі уақытта өндірістік және тұрғын үй объектілерінде электр өрісінің және өнеркәсіптік жиіліктің магнит өрісінің өндірістік және өндірістік емес әсерлерінің нормативтері бар. Бұл ретте тұрғын үй-жайлардың ішіндегі және тұрғын үй құрылысы аумағындағы өнеркәсіптік жиіліктің магнит өрісінің индукциясының рұқсат етілген деңгейлері уақытша норматив ретінде қабылданғанын және тиісінше 10 және 50 мкТл құрайтынын ескеру қажет [1;2]. Осы құжатпен өнеркәсіптік жиіліктің электр өрісі үшін шекті рұқсат етілген деңгейлер белгіленген, олар тұрғын үй-жайлар мен тұрғын үй құрылысының аумағына таралады, тиісінше, көзіне қарамастан, 0,5 және 1 кВ/м құрайды. Көрсетілген шекті

рұқсат етілген деңгейлер ICNIRP халықаралық ұсыныстарымен ұсынылған халық үшін бақыланатын деңгейлердің мәндерінен едәуір төмен, олар тиісінше 5 кВ/м және 100 мкТл (80 А/м) құрайды [1;2]. Сонымен қатар, соңғы уақытта Өнеркәсіптік жиіліктің әлсіз магниттік өрістерінің адам денсаулығына қолайсыз (канцерогендік) әсері туралы алынған деректерге байланысты олардың деңгейлеріне 0,2 мкТл дейін қатаң шектеу ұсынылды [1;2].

Зерттеу. Осы жұмыс шеңберінде қызметтік ғимараттар мен локомотив шаруашылығының құрамына кіретін үй-жайлардағы және тікелей машинист кабинасындағы магниттік өрістерді бағалау жүргізілді.

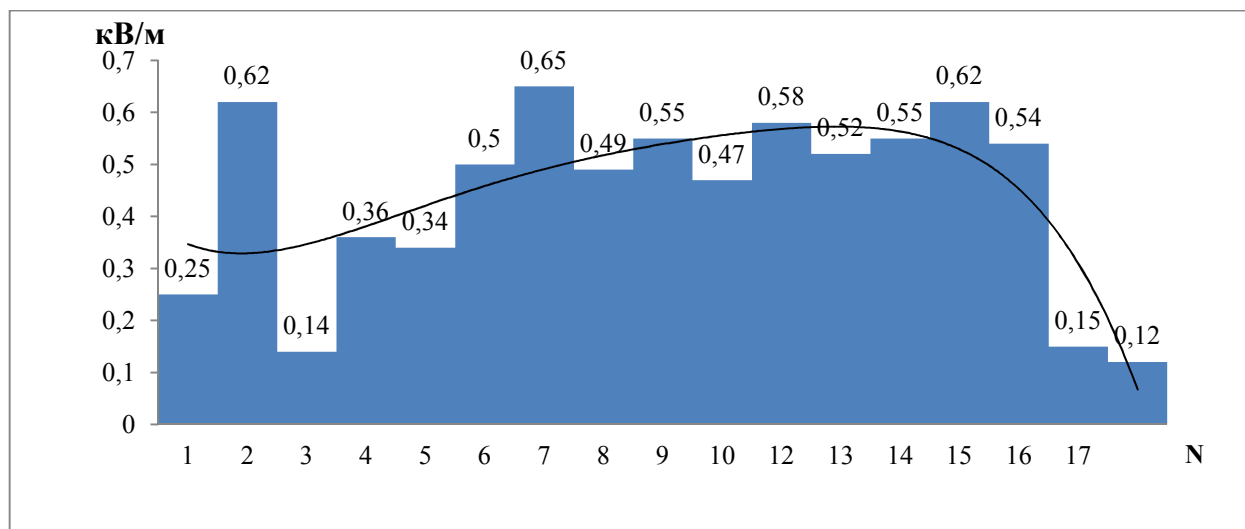
Аталған мәселе бойынша зерттеулер Астана және Арыс локомотив депосының базасында жүргізілді.

Электр және магнитті құрамдауыш бойынша электромагниттік өрістердің кернеулігін өлшеу ВЕ – МЕТР – АТ – 002 магнит және электр өрістерінің параметрлерін өлшегіштің және ВЕ – 50 өнеркәсіптік жиіліктегі магнит және электр өрістерінің параметрлерін өлшегіштің көмегімен жүргізілді. Өлшеу нәтижелері 1 және 2-суретте келтірілген, әр түрлі локомотивтердің (ВЛ80С, ВЛ40М, 2ТЭ10У, ТЭМ2, КЗ4А, КЗ4А) машинист кабинасындағы электромагниттік өрістер деңгейінің әсерін көрсетеді.



1-сурет - Магнитті құрамдауыш бойынша машинист кабинасындағы электромагниттік өрістердің кернеулігін өлшеу нәтижелері, А / м, мкТл

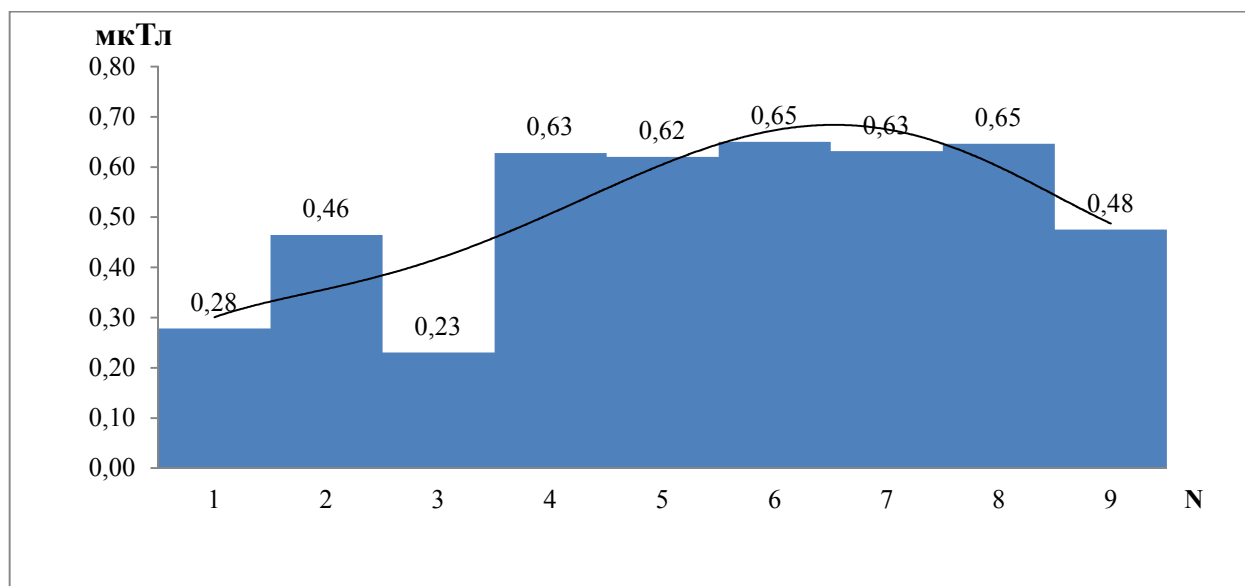
Fig.1 - The results of measuring the voltage of electromagnetic fields in the driver's cab by magnetic component, A / m, mkTl



2-сурет - Электр құрауышы бойынша машинист кабинасындағы электромагниттік өрістердің кернеулігін өлшеу нәтижелері, кВ/м

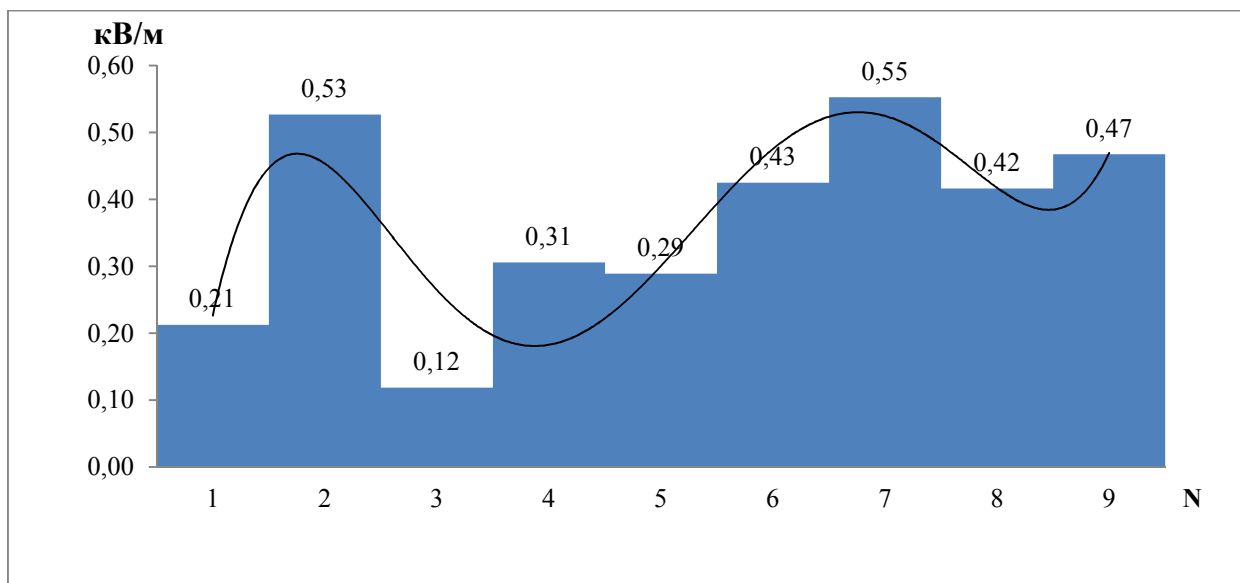
Fig.2 - The results of measuring the voltage of electromagnetic fields in the driver's cab by electrical component, kV / m

Өлшеу нәтижелері ең жоғары ТЭМ2) келеді, бұл ретте осы мәндер көрсеткіштер ескі сериядағы белгіленген нормативтік параметрлерден локомотивтерге (ВЛ80С, ВЛ40М, 2ТЭ10У, аспайды.



3-сурет - Қызметтік ғимараттар мен үй-жайлардағы электромагниттік өрістердің кернеулігін магнитті құрамдауышы бойынша өлшеу нәтижелері, А / м, мкТл

Fig.3 - Results of Magnetic Component Magnetic Strength Measurement in Office Buildings and Premises, A / m, mkTl



4-сурет - Қызметтік ғимараттар мен үй-жайлардағы электромагниттік өрістердің кернеулігін электрлік құрамдауышы бойынша өлшеу нәтижелері, кВ/м

Fig.4 - The results of measuring the voltage of electromagnetic fields in office buildings and premises by electrical component, kV / m

Локомотивтерді жөндеу және дайындау жүргізілетін қызметтік ғимараттар мен үй-жайлардағы электромагниттік өрістердің қарқындылығы 0,2-ден 1 мкТл-ге дейін құрайтыны анықталды.

Локомотив бригадаларын электромагниттік өрістердің әсерінен қорғау мақсатында келесі іс-шараларды ұсынуға болады:

Ұйымдастыру іс-шаралары (электромагниттік сәулеленудің әсерінен қорғау) оларға:

- шекті рұқсат етілген деңгейден аспайтын сәулелену деңгейін қамтамасыз ететін сәуле шығару жабдығының жұмыс режимдерін таңдау;

- электромагниттік сәулеленудің әсер ету аймағында орналасқан орны мен уақытын шектеу (қашықтық пен уақытпен қорғау);

- электромагниттік сәулеленудің жоғары деңгейі бар аймақтарды белгілеу және қоршау.

Инженерлік-техникалық қорғау шаралары - электромагниттік өрістерді тікелей адам болатын жерлерде экрандау.

Терезелерді экрандау, төбелік фонарьларды, қалқаларды әйнектеу үшін экрандық қасиеттерге бар

металлдандырылған шыны қолданылады, пленка жеткілікті оптикалық мөлдір және химиялық төзімді болып келеді.

Экрандаушы тоқыма материалдарының қалыңдығы аз, жеңіл, иілгіш болуы мүмкін; олар басқа материалдармен (маталармен, терімен, пленкалармен) қайталануы мүмкін, шайырмен және латекстермен жақсы араласады.

Электромагнитті сәулеленуден жеке қорғаныс үшін арнайы комбинезондар мен металлдандалырылып жасалған халаттар қолданылады (электромагнитті өрістерді экрандайды).

Қорытынды. Қазіргі темір жол көлігі қала шегінде барлық ілеспе инфрақұрылыммен бірге табиғи экожүйенің агрессивті әсері мен электромагниттік ластануының басты элементтерінің бірі болып табылады.

Бұл жағдай локомотив бригадаларына электромагниттік өрістердің әсерін барынша азайтуды талап етеді, ол үшін толық қорғалған өнеркәсіптік және тұрмыстық сәулелену көздерін шығаруды қамтамасыз ету, жеке қорғаныс құралдарын енгізу, профилактикалық және гигиеналық талаптарды қатаң орындау талап етіледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] ГОСТ 12.1.045-84 "Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля".
- [2] СТ РК 1150-2002 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля».
- [3] СТ РК 1151-2002 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни и требования к проведению контроля»)
- [4] Бурлака Н. И. Влияние электромагнитного излучения на функциональное состояние организма машинистов [Текст] // Новые задачи современной медицины: Материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, декабрь 2014 г.). — СПб.: Заневская площадь, 2014. — С. 11-13.
- [5] Закиев Е.Э. Опасные электромагнитные поля на подвижном составе и в локомотивных депо электрофицированных железных дорог. Диссертация на соиск. ученой степени кандидата технических наук.- Москва, 2007.
- [6] Ширшов А.Б. Средства защиты от вредного и опасного воздействия электромагнитных полей тяговой сети. Диссертация на соиск. ученой степени кандидата технических наук.- Екатеринбург, 2006.
- [7] Экология: учебное пособие / В.В. Денисов, В.В. Гутенев, И.А. Луганская. - Москва: Вузовская книга, 2010. - 728 с.
- [8] Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России / Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Степанов В.С., Пальцев Ю.П. Серия докладов по политике в области охраны здоровья населения/ Под.ред. Демина А.К. -М., 1997, 91 с.
- [9] Электромагнитные излучения и защита от них в автомобильном и железнодорожном транспорте /Левкович Т.И.[др.] Web: http://science-bsea.bgita.ru/2010/mashin_2010/levkovich_elektro.htm
- [10] ГОСТ 31428-2011 «Тепловозы маневровые с электрической передачей» и ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные».

REFERENCES

- [1] GOST 12.1.045-84 "*Electrostatic fields. Acceptable levels in the workplace and requirements for control*".
- [2] ST RK 1150-2002 "*Electromagnetic fields of industrial frequency. Permissible levels of field strength and requirements for control.*" Standard
- [3] ST RK 1151-2002 "*Electromagnetic fields of radio frequencies. Permissible levels and requirements for control*»)
- [4] Burlaka N. I. *The influence of electromagnetic radiation on the functional state of the organism of machinists* [Text] // New challenges of modern medicine: materials III international. science. Conf. (St. Petersburg, December 2014). — SPb.: Zanevskaya square, 2014. - Pp. 11-13.
- [5] Zakiev E. E. *Dangerous electromagnetic fields on rolling stock and in locomotive depots of electrified Railways*. Dissertation for the sausage. Scientific degree candidate of technical Sciences. Moscow, 2007
- [6] Shirshov A. B. *Means of protection against harmful and dangerous effects of electromagnetic fields of the traction network*. Dissertation for the sausage. Scientific degree candidate of technical Sciences. Ekaterinburg, 2006
- [7] *Ecology: textbook* / V. V. Denisov, V. V. Gutenev, I. A. Luganskaya. - Moscow: University book, 2010. - 728 PP.
- [8] *Electromagnetic pollution of the environment and health of the population of Russia* / Grigoriev Yu. G., Grigoriev O. A., Stepanov V. S., Finger Yu. P. a Series of reports on the policy in the field of health protection of the population of Russia.ed. Demin A. K. M., 1997, 91 p.
- [9] *Electromagnetic radiation and protection against them in road and rail transport* / Levkovich T. I. [al.] Web: http://science-bsea.bgita.ru/2010/mashin_2010/levkovich_elektro.htm
- [10] GOST 31428-2011 "*shunting Locomotives with electric transmission*" and GOST 31187-2011 "*mainline Locomotives*".

ЛОКОМОТИВ БРИГАДАЛАРЫНА ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТІҢ ӘСЕР ЕТУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ

Елшібеков Амандық Махамбетович – докторант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан, a_kz@mail.ru

Абрешов Шамиль Аскарлович – докторант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан, a_shamil-80@mail.ru

Сейсенкулов Динмухамед Кошкинбаевич – магистр, докторант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан, dimash1982@bk.ru

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛОКОМОТИВНУЮ БРИГАДУ

Елшібеков Амандык Махамбетович - докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, a_kz@mail.ru

Абрешов Шамиль Аскарлович – докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, a_shamil-80@mail.ru

Сейсенкулов Динмухамед Кошкинбаевич – магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, dimash1982@bk.ru

Аннотация. Источниками электромагнитных загрязнений являются линии электропередач, электротранспорт, в том числе электропоезда, промышленные установки и т.д. В данной статье сформулированы предложения по повышению безопасности труда локомотивной бригады и необходимости изучения проблем вредного и опасного воздействия электромагнитного поля на живые организмы и человека.

Ключевые слова: локомотивная бригада, электромагнитное поле, электроподвижной состав, безопасность труда локомотивных бригад.

ДОРОЖНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ПОДЪЕМНО -ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.138-143

ANALYSIS OF DECISIONS IN THE INVESTIGATION OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

Yermek Baubekov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, baubekov3@mail.ru

Gabit Bakyt, PhD, Assistant to Professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, gaba_b@bk.ru

Ainur Zhalinova, Doctoral student of 1 course, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, kereyeva09@gmail.com

Abstract. The article provides an overview of methods for the examination of road traffic accidents. Application of static method in calculation of technical parameters for accident examination is proposed. Factors such as wear and tear of working surfaces, technical condition of braking devices, quality of technical maintenance for examination of more powerful modern vehicles are listed. By analyzing the main factors that reduce the efficiency of car brakes, the reasons for the increase in road accidents are listed. The need to assess the technical condition of the main components of the braking system of cars is justified, due to the fact that in Kazakhstan more than 70% of cars are over 10 years of age. The supplemented formula of calculations of accident expertise abroad and in the Republic of Kazakhstan is proposed. Approximate numerical values of coefficient of adhesion of automobile tires to road surface are given, taking into account different weather conditions of environment for calculation. In order to carry out the examination of road accidents, it is proposed to supplement the types of road surface with three types as: wet asphalt concrete is clean; damp asphalt concrete dirty; And wet snow. Introduction of correction coefficients of vehicle deceleration parameters into already existing design formulas greatly simplifies accident examinations when determining speed of motor vehicles and braking path. In order to assess the operation of the braking system of road transport, it is necessary to define several time intervals. During the examination, it is necessary to specify the values of the parameters as: the time of growth of the car deceleration to the maximum and the time of braking with steady deceleration.

Keywords. Braking efficiency, expertise, accidents, vehicles, traffic safety, braking system.

ӘОК 659.13

Е.Е. Баубеков¹, Ғ.Б. Бақыт¹, А.К. Жалинова¹

¹М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ЖОЛ-КӨЛІК ОҚИҒАСЫН ТЕКСЕРУ КЕЗІНДЕГІ ШЕШІМДЕРДІ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) сараптамасы бойынша әдістерге шолу жасалған. Автокөлік тежегіш құралдарының жұмыс тиімділігінің төмендеуінің негізгі факторлары талданып, жол-көлік оқиғаларының көбеюінің себептері келтірілген. ЖКО сараптамасы кезінде автокөліктің техникалық параметрлерін есептеу барысында статикалық тәсілді қолдану ұсынылған. Шетелдегі және Қазақстан Республикасындағы ЖКО сараптама есептерінің толықтырылған формуласы ұсынылды. Есептеулерді жүргізуге арналған қоршаған ортаның әр түрлі ауа-райы жағдайларын ескере отырып, автокөлік шиналарының жолдың беткі қабатымен мүмкін жағдайдағы ілінісу коэффициенттерінің сандық мәндері келтірілген. Әрекеттегі есеп формулаларына көлік құралын баяулату параметрлерінің түзетуші коэффициенттерін енгізу автокөліктің және тежегіш жолдың жылдамдығын анықтау кезінде ЖКО сараптамасын жеңілдетеді.

Түйін сөздер: тежеу тиімділігі, сараптама, жол-көлік оқиғалары, көлік құралдары, қозғалыс жылдамдығы, тежегіш жүйе.

Ақаусыз тежегіш жүйе кезіндегі тежеу тиімділігі көптеген факторларға байланысты: жол жабынының типі және жағдайы (яғни тіркесу коэффициенті), тежегіш бөлшектердің техникалық жағдайы, тежегіш тетігін басу тиімділігі және жеделдігі, тежегіш құрылымының түрлері.

Әр көлік құралының (КҚ) дайындаушы-зауыттарының нормативтерімен тежегіш жүйенің жеке параметрлерінің ұйғарынды шектері белгіленген, мысалы: үйкелістік жапсырмалар мен тежегіш барабан арасындағы саңылау, тежегіш тетіктің еркін және толық жүрісінің шамасы және т.б. тежегіштердің пайдаланылмалы параметрлерінің нақты мәліметтері болған жағдайда, оқиғаның техникалық себебін түсіндіруге болады, сондықтан барлық өлшемдер оқиға орнында немесе қосымша тексеру кезінде орындалуы тиіс.

Тежеу тиімділігі сонымен бірге үйкелістік жапсырмалар мен тежегіш барабаны арасындағы саңылаудың шамасына, тежегіш жапсырмалардың барабандарға тегіс басылуына және олардың жағдайына, тетіктердің еркін жүрісіне байланысты. Тежегіш барабаны (тежегіш дискісі) арасындағы саңылаулар пайдалану барысында бөлшектердің табиғи тозу салдарынан көбейеді. Бұл тежегіш тетікке басылу уақытынан бастап жапсырмалардың толық басылу уақытын көбейтеді, осылайша тежегіш жолды көбейтеді [1].

Тежегіштердің гидравликалық жетегімен жабдықталған автокөлік құралдарында (АКК) қалып пен барабан арасындағы саңылаудың көбеюі тежегіш тетік жүрісінің өсуін тудырады, бұл тежегіш жетегінің іске қосылу уақытын көбейтуге әкеп соқтырады. Осылайша, жапсырмалар мен тежегіш барабандар арасында саңылаудың көбеюі кезінде гидравликалық жетекпен КҚ тежеу тиімділігі аз.

Сондықтан, тежегіш жолдың нормативтік шамаларға сәйкестігін анықтау үшін, тежегіштердегі

саңылаулардың шамасын немесе тежегіш камералардың сояуыштарының шығыс шамасын тексеру талап етіледі.

Тежегіштер тиімділігінің төмендеу себебі жапсырмалардың және тежегіш барабандардың тозу салдарынан тетіктердің еркін жүрісінің өсуі болуы мүмкін. Тетіктің еркін жүрісінің көбеюі оның жұмыс жүрісінің ұзындығын азайтады: тетік толық тежеуді қамтамасыз етпеу, кабина еденіне тірелуі мүмкін [2].

Қазақстанда қазіргі уақытта қолданылатын сараптама әдісі кеңес өндірісінің автокөлік құралының тежегіш жүйесінің техникалық сипаттамаларын зерттеудің эксперименттік мәліметтеріне негізделген, және өткен жүзжылдықтың 80-інші жылдарында әзірленген. Замануи көлік құралдары қуатты техникалық сипаттамаларға және тежегіш жүйесінің жетілдірілген құрылымына ие. Сонымен бірге қолданылатын сараптама әдістері жұмыс элементтерінің тозуы, тежегіш механизмдердің жағдайы, жүргізілген ТҚ сапасы сияқты факторларды ескермейді. Бір қарағанда бұл факторлар болмашы болып көрінеді, өйткені олардың шамалары секунда бөлігінде тежеу уақытына әсер етуі мүмкін, бірақ адам өмірі туралы сөз қозғалғанда тіпті он және жүз секунд үлестері маңызды болып табылады.

Толық түсіндіру үшін машинаның тежегіш жүйесінің тиімділігі есебінің екі негізгі параметрлерін қарастырайық: жол жабынымен шиналардың тіркеу коэффициенті - φ және тежеу алдындағы автокөлік жылдамдығы - V_a .

Жол жабынымен шиналардың тіркесу коэффициентінің шамалары ЖКО сараптамасы бойынша нормативтік құжатта беріледі [2]. Оның шамасы жолдың сапалық жағдайына сәйкес өзгереді, мысалы, құрғақ асфальт-цементбетон жабыны үшін ол 0,68-0,8 шамасында ауытқиды. Бұл сарапшының ойы бойынша ең қолайлы берілген параметр шамасын таңдайтынын білдіреді. Осылайша сараптама қорытындысының дәлдігі бұрмаланады. Егер V_a параметрін

алсақ, онда ол келесі формула бойынша анықталады:

$$V_a = 1,8 \cdot j \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{ю} - B} \quad (1)$$

Мұндағы: j – автокөліктің баяулау коэффициенті;

t_3 – баяулаудың өсу уақыты;

$S_{ю}$ – тайғақтау уақыты;

B – автокөлік базасы.

Автокөліктің баяулау коэффициенті j тайғақтау шамасына $S_{ю}$ байланысты анықтама әдебиетінен таңдалады. Бірақ тәжірибе көрсеткендей – автокөліктің баяулау коэффициентінің таңдалған шамасы жиі кемшіліктер қатарынан анық болып табылмайды және автокөлік құралдарының тежегіш жүйесінің жағдайын мүлдем ескермейді, бұл тежеу алдындағы автокөліктің дұрыс есептелмеген жылдамдығына әкеп соқтырады – V_a .

Жұмыс тежегіш жүйесі КҚ тежеу кезінде M_1 категориясы үшін 5,2 м/с кем емес, ал $M_2, M_3 > M_2, M_3$ категориялары үшін 4,5 м/с² тиімділікті қамтамасыз етуі тиіс. соңғы жылдары тежегіш механизмдерінің тиімділігіне қойылатын талаптар екі рет өзгерді, бірақ берілген әрекеттер ЖКО тексеру қайта құру кезінде қолданылатын әрекеттегі есеп тәуелділіктерінде өз көрінісін таппады [3].

Шетелдік тәжірибеде дамыған сақтандыру жүйесінен ЖКО сараптамасына және бағалауға жеңілдетілген көзқарас басым. Тек соңғы жылдары ғана автокөлік құралдары құрылымдарының қауіпсіздігін көтеру үшін ЖКО нәтижесін зерттеу және жағдайларды модельдеу бойынша жұмыстар пайда болды [3]. Шетелде және біздің елімізде қолданылатын 1 кестедегі есеп формулаларын салыстырсақ, ЖКО сараптамасы кезінде қолданылатын формулалардың қарапайымдылығын байқауға болады.

Автокөліктің тежегіш жүйесі механизмдерінің техникалық жағдайын ескеру қажет, өйткені республика автопаркі шыққан жылы 10 жылдан астам автокөліктердің 70% тұрады. Және бейресми мәліметтер бойынша 70-80% автокөлік иелері заңсыз жолмен алынған ТҚ талондарымен жүруді жалғастыруда. Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақыты тежегіш тетігінің еркін жүрісінің көп шамасынан көбейеді, яғни тежегіш барабаны (тежегіш дискісі) арасындағы саңылаулар пайдалану барысында механизмдердің тозу салдарынан көбейеді. Бұл тежегіш педальға басу уақытынан бастап тежегіш дискілерге жапсырмалардың толық басылу уақытын көбейтеді, осылайша тежегіш жолды көбейтеді.

1 кесте – Қазақстан және шетелдегі есеп тәуелділіктерін салыстыру

Table 1 – Comparison of calculated dependencies in Kazakhstan and abroad

Анықталатын параметр	Шетелдегі есеп тәуелділігі	Белгіленуі	ҚР есеп тәуелділігі	Белгіленуі
Тайғақтау ұзындығының есебімен тежеу алдындағы КҚ жылдамдығы, км/сағ	$S = \frac{D}{1,467 t}$ $S = \sqrt{30Df}$	S – жылдамдық V – жеделдету, D – қашықтық, t – уақыт, f – автокөліктің баяулауы.	$V_a = 1,8 \cdot j \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{ю} - B}$ $V_a = 1,8(t_3 + t_{om}) + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{ю} - V_H^2}$	V_a – автокөлік жылдамдығы, км/сағ; j – автокөліктің баяулауы, м/с ² ; t_3 – баяулаудың ең жоғары шамаға дейін өсу уақыты, с; $S_{ю}$ – тайғақтау жолының ұзындығы, м; B – автокөлік базасы. t_{om} – тежеу уақыты, с; V_H – соғу уақытындағы жылдамдығы, м/с

Кедергіні айналып өту үшін қажетті қашықтық, м	$D = \frac{V^2}{64,4 f};$ $D = 1,4667 S \cdot t$	S – жылдамдық V – жеделдету, D – қашықтық, t – уақыт, f – автокөліктің баяулауы.	$S_{об} = (t_1 + t_p) \frac{V_a}{3,6} + \sqrt[3]{\frac{35 V y_k}{3,6 \omega}}$	y_k – бүйірлік ығысу шамасы; t_p – рөлдік басқарудың іске қосылу уақыты (0,1-0,4 с); ω – жол қисықтығының радиусы, град.
--	--	--	--	---

Жол-көлік оқиғаларының сараптамасы кезіндегі мәліметтер анықсыздығының мәселесі өткен жүзжылдықтың 80-ші жылдарының соңында анықталды. В.А.Илларионов – автотехникалық сараптама облысындағы ғалым атап өткендей, анықтама параметрлерінің және коэффициенттердің кестедегі шамаларына қатысты сөзсіз тарауын ескере отырып, автокөліктің тежегіш тиімділігінің параметрлерін есептеу үшін статистикалық әдістерді қолдану қажет [3]. Ғылыми еңбектерде жол учаскесінде жол жабынымен шиналардың тіркесу коэффициентінің шамасы тежегіш жолының әр 15-20 см сайын бір-бірінен 30-50% өзгеруі мүмкін [4].

Бұл тежегіш ізінің барлық ұзындығы бойынша орташа арифметикалық ретінде есептелген тіркесу коэффициентінің шамасына кездейсоқ таралу тән болады. Тергеушінің немесе сарапшының алдында бұл таралуды бағалау міндеті қойылады. Олардың әрқайсысы оны жасай алмайды, өйткені

анықтама кестелерде де, техникалық әдебиетте де мұндай бағалар берілмейді [3].

2000-ыншы жылдарда жүргізілген тәжірибелер қатарының қорытындылары автокөліктердің соғу немесе қақтығысу орнынан автокөлік жылдамдығын, тежегіш жолды және қашықтауды есептеу кезінде қолданыстағы есеп формулаларындағы баяулау параметрлерінің есебін анықтады. Мәселенің шешімі көлік құралының баяулау параметрін түзететін ψ_1, ψ_2, ψ_3 коэффициенттерін енгізу болды.

Жол жабыны типтерін дымқыл асфальтбетон таза; дымқыл асфальтбетон лас; сонымен бірге дымқыл қар сияқты үш типпен толықтыру ұсынылды. Және 2 кестеде берілген көлік құралын жүктеу дәрежесі және жол жабынының типі бойынша ψ_2 және ψ_3 коэффициенттері есептелді.

Осылайша көлік құралының есептік жылдамдығы жетілдірілген формула бойынша анықталады:

$$V_{расч} = 1,8 \cdot t_3 \cdot J_H \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 + \sqrt{25,92 \cdot J_H \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3 (S_{ю} - B)} \quad (2)$$

мұндағы: $S_{ю}$ – автокөліктің тайғақтау ізі;
 B – автокөлік базасы;
 t_3 – баяулаудың өсу уақыты;

J_H – баяулау, const.;
 (ψ_1, ψ_2, ψ_3) – енгізілген АКҚ баяулау коэффициенттері

2 кесте – Жолмен шиналардың тіркесу коэффициенті
 Table 2 – Tyre-to-road adhesion factors

Жолмен шиналардың тіркесу коэффициенттері, ψ_2									
Жол жабынының типі									
K_m	K_l	d_m	d_l	c_m	c_l	c_k	қар	m_k	K
Жабдықталған жағдайда, $\psi_3 = 1,0$									
1,0	0,87	0,82	0,76	0,72	0,57	0,51	0,43	0,29	0,15

25 % салмақпен, $\psi_3 = 0,9$									
1,0	0,88	0,84	0,78	0,73	0,58	0,52	0,43	0,30	0,15
50 % салмақпен, $\psi_3 = 0,97$									
1,0	0,89	0,85	0,79	0,74	0,63	0,53	0,44	0,30	0,15
75 % салмақпен, $\psi_3 = 0,95$									
1,0	0,91	0,87	0,80	0,76	0,60	0,54	0,45	0,31	0,15
Толық салмақпен, $\psi_3 = 0,92$									
1,0	0,93	0,88	0,82	0,77	0,62	0,55	0,46	0,32	0,15

K_m - құрғақ асфальтбетон таза; q_l - құрғақ асфальтбетон лас; d_m - дымқыл асфальтбетон таза; d_l - дымқыл асфальтбетон лас; c_m - су асфальтбетон таза; c_l - су асфальтбетон лас; c_k - сулы қар; $qар$ - қар; m_k - тапталған қар; k - көктайғақ.

Қорытынды. Автокөліктің тежеу тиімділігі сонымен бірге үйкелістік жапсырмалар мен тежегіш барабаны арасындағы саңылаудың шамасына, тежегіш жапсырмалардың барабандарға тегіс басылуына және олардың жағдайына, тетіктердің еркін жүрісіне байланысты

екендігі анықталды. Апаттық оқиғалардың көп бөлігі тікелей тежеу процессімен байланысты. Автокөліктің тежегіш жүйесінің іске қосылу процессі бірнеше уақытта аралықтарды анықтаудан тұрады. Барлық жоғарыда аталған ережелерді ескере отырып келесідей қорытындыны шығаруға болады, зерттеулерді автокөліктің баяулау уақытының ең жоғары уақытқа өсуі және белгіленген баяулаумен тежеу уақыты сияқты параметрлердің шамаларын анықтауға бағыттау қажет.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов / Иларионов В.А. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
- [2] Домке Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Домке Э.Р. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 288 с.
- [3] Балакин В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие / В.Д.Балакин – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск: СибАДИ, 2010. – 136 с.
- [4] Нагиев А. М. О влиянии нагрева тормозных накладок на параметры торможения автомобилей // Journal of Automotive industry, – 1977, №10. – pp. 19-20.

REFERENCES

- [1] Ilarionov V.A. *Ekspertiza dorozhno-transportnyh proisshествii* [in Russian: *Examination of the road accidents*]. Moscow, Transport Publ., 1989. – 255 p.
- [2] Domke E.R. *Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnyh proisshествii* [in Russian: *Investigation and examination of road traffic accidents*]. Moscow, «Akademiya» Publ., 2009. – 288 p.
- [3] Balakin V.D. *Ekspertiza dorozhno-transportnyh proisshествii* [in Russian: *Examination of the road accidents*]. Omsk: SibADI, 2010. – 136 p.
- [4] Nagiev A. M. *O vliyaniy nagreva tormoznyh nakladok na parametry tormozheniya avtomobilei* [in Russian: *On the impact of brake lining heating on car braking parameters*]. // avtomobilnaya promyshlennost, – 1977, №10. – s. 19-20.

ЖОЛ-КӨЛІК ОҚИҒАСЫН ТЕКСЕРУ КЕЗІНДЕГІ ШЕШІМДЕРДІ ТАЛДАУ

Баубеков Ермек Ельтаевич, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, baubekov3@mail.ru

Бақыт Ғабит Бақытұлы, PhD, ассистент профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, gaba_b@bk.ru

Жалинова Айнұр Құралқызы, 1 курс докторанты, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, kereyeva09@gmail.com

АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Баубеков Ермек Ельтаевич, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, baubekov3@mail.ru

Бақыт Ғабит Бақытұлы, PhD, ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, gaba_b@bk.ru

Жалинова Айнұр Құралқызы, докторант 1 курса, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, kereyeva09@gmail.com

Аннотация. В статье проведен обзор методов по экспертизе дорожно-транспортных происшествий. Предложено применение статического способа при расчете технических параметров для экспертизы ДТП. Проанализированы основные факторы снижения эффективности работы тормозных устройств автомобилей, перечислены причины роста дорожно-транспортных происшествий. Предложена дополненная формула расчетов экспертизы ДТП за рубежом и в Республике Казахстан. Приведены примерные численные значения коэффициентов сцепления автомобильных шин с поверхностью дороги, учитывающие различные погодные условия окружающей среды для проведения расчетов. Введение в уже существующие расчетные формулы корректирующих коэффициентов параметров замедления транспортного средства значительно упрощает экспертизы ДТП при определении скорости автотранспорта и тормозного пути.

Ключевые слова: эффективность торможения, экспертиза, дорожно-транспортные происшествия, транспортные средства, безопасность движения, тормозная система.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.143-149

IMPROVING THE RELIABILITY OF THE METAL STRUCTURE OF THE AUTO GRADER FORICE BREAKING

Andrey Saveliyev, doctor of tech. sc., Bauman Moscow state technical university, Moscow; prof.saveliyev@yandex.ru

Mikhail Doudkin, doctor of tech. sc., professor, East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk; vas_dud@mail.ru

Alina Kim, PhD, associate professor, East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk; k.a.i.90@mail.ru

Abstract. A motor grader is a road machine in which its working bodies always work under conditions of critical loads on metal structures and fastening nodes of components and parts. They are affected by shock, twisting, kink, static and dynamic loads. The 3D model developed in this work for determining the limiting states of the motor grader's metal structures and the mathematical model for determining the forces arising on the working body and wheels during the operation of the motor grader allow us to compare new designs of graders with traditional serial ones and evaluate the stress-strain state of their metal structures depending on the calculated positions.

The work has developed a methodology for determining external force factors on the working body and mover of the motor grader and their influence on the stress-strain state of the metal structure of the motor grader. This technique allows you to find and evaluate more realistic design positions and loads on the nodes of the grader in addition to those already adopted.

Keywords. Grader, 3D model of a grader, mathematical model of a grader, stress-strain state of a grader, design positions of a grader, additional design positions of a grader.

УДК 621.878.879

А.Г. Савельев¹, М.В. Дудкин², А.И. Ким²

¹Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, ²Восточно – Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА ДЛЯ СКАЛЫВАНИЯ ЛЬДА

Аннотация. Автогрейдер – дорожная машина, в которой ее рабочие органы всегда работают в условиях критических нагрузок на металлоконструкцию и узлы крепления узлов и деталей. На них действуют удар, скручивание, излом, статические и динамические нагрузки. Разработанные в данной работе 3D модель для определения предельных состояний металлоконструкций автогрейдера и математическая модель для определения усилий, возникающих на рабочем органе и колесах при работе автогрейдера позволяют сравнивать новые конструкции автогрейдеров с традиционными серийными и оценивать напряженно-деформированное состояние их металлоконструкций в зависимости от расчетных положений.

В работе разработана методика определения внешних силовых факторов на рабочем органе и движителе автогрейдера и их влияние на напряженно-деформируемое состояние металлоконструкции автогрейдера. Эта методика позволяет находить и оценивать более реальные расчетные положения и нагрузки на узлы автогрейдера в дополнение к уже принятым.

Ключевые слова: автогрейдер, 3D модель автогрейдера, математическая модель автогрейдера, напряженно-деформируемое состояние автогрейдера, расчетные положения автогрейдера, дополнительные расчетные положения автогрейдера.

Активное развитие транспортной инфраструктуры, рост строительства жилой и коммерческой недвижимости, повышает востребованность дорожно-строительной техники. Необходимость совершенствования конструкций вновь создаваемой техники объясняется жесткой конкуренцией извне и желанием соответствовать уровню мирового технического прогресса. Поэтому выявление новых рациональных форм и способов крепления и расположения узлов и конструкций строительно-дорожных машин при помощи моделирования их напряженно-деформируемого состояния – важная и актуальная задача.

Цель работы – оптимизация конструкции рабочего оборудования автогрейдера с точки зрения снижения нагруженности металлоконструкции.

Моделирование режимов работы. Для моделирования технологического режима работы математически зададим

усилия, возникающие на отвале при «зарезании».

$$W_{\text{общ}} = W_p + W_{\text{пр}} + W_b + W_t + W_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где W_p – сопротивление резанию; $W_{\text{пр}}$ – сопротивление перемещению призмы грунта перед отвалом; W_b – сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу; W_m – сопротивление перемещению автогрейдера; $W_{\text{тр}}$ – сопротивление трению ножа автогрейдера о грунт.

Для моделирования ситуации удара отвалом автогрейдера в непреодолимое препятствие использована формула второго закона Ньютона, записанная в виде импульса силы (рисунок 1).

$$\vec{F} * \Delta t = M * \vec{V} \quad (2)$$

И в виде функции записывалось изменение силы удара во времени.

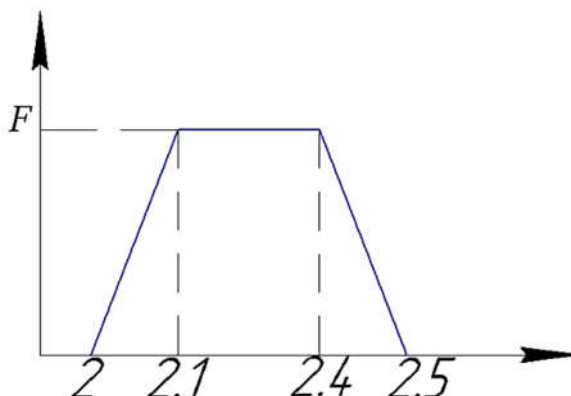


Рис.1 - Циклограмма изменения во времени ударной силы
Fig. 1 - A sequence of changes in shock force over time

Прочность металлоконструкции автогрейдера определяется расчетом по основным, случайным и аварийным нагрузкам.

Существующие нормы рассматривают три расчетных положения[1]:

1) конец зарезания, передний мост вывешен и упирается в край кювета, задние колеса буксуют, работа производится на поперечном уклоне с углом λ ;

2) наезд краем отвала, выдвинутого в сторону, на непреодолимое препятствие;

3) автогрейдер в транспортном режиме, действуют вертикальные и горизонтальные нагрузки от массы узлов.

Современные автогрейдеры эксплуатируются интенсивнее и в значительно более агрессивной среде. Благодаря качественной гидравлической

системе, мощным двигателям, наличию полного привода и удобству управления, они стали обладать большей маневренностью и проходимостью, увеличился диапазон категорий разработки грунтов[2-6].

Поэтому существующий расчет, включающий перечисленные выше расчетные положения, не может отразить все возможные нагрузки, действующие на автогрейдер и, если при каком-либо его положении появится неучтенная нагрузка, это скажется на качестве эксплуатации, а может и на долговечности металлоконструкции. Поэтому необходимо включить в расчет автогрейдера дополнительные расчетные положения, анализ которых даст более полную картину напряженно-деформированного состояния его металлоконструкции при любом рабочем положении [7-9].

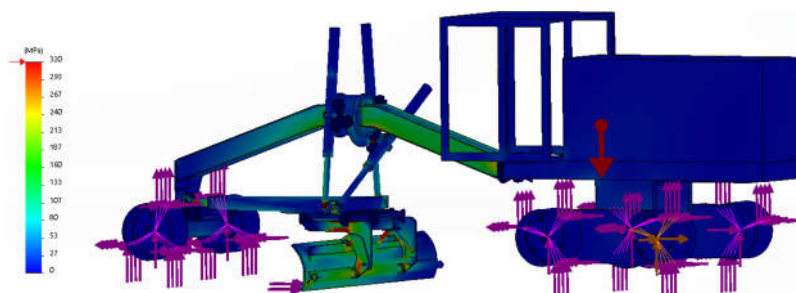


Рис.2 - Напряженное состояние базовой конструкции
Fig. 2 - The stress state of the base structure

Сначала необходимо найти реакции на колесах и выбрать режим работы, в

данном случае он относится к расчистке, а не к профилированию.

При запуске математической модели получаем наибольшее усилие на отвале: $P_1 = 12 \cdot 10^4 H$.

Для определения величины снижения напряжения в металлоконструкции автогрейдера при его работе, проведем анализ на 3D моделях, сделанных в программе Solid Works (рисунок 2, 3, 4, 5).

Рассмотрим две модели, традиционную и новую, работающие в одинаковых условиях, при одном и том же расчетном положении, описанном выше.

Применим полученные при запуске математической модели значения усилия на отвале и реакции на колесах в конечно-элементной модели автогрейдера.

Для начала сравним максимальные напряжения при расчете моделей с базовой и новой конструкцией (таблица 1).

Таблица 1 – Напряжения в базовой и новой конструкциях автогрейдера при описываемом расчетном положении

Table 1 - Stresses in the basic and new designs of the motor grader at the described design position

Базовая конструкция	Новая конструкция
15348,5 МПа	12672,2 МПа

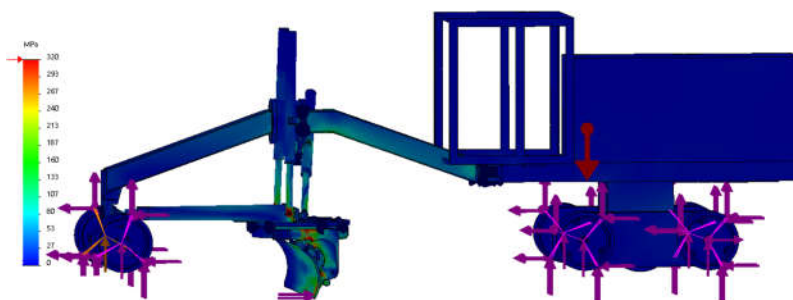


Рис.3 - Напряженное состояние новой конструкции
Fig. 3 - The stress state of the new design

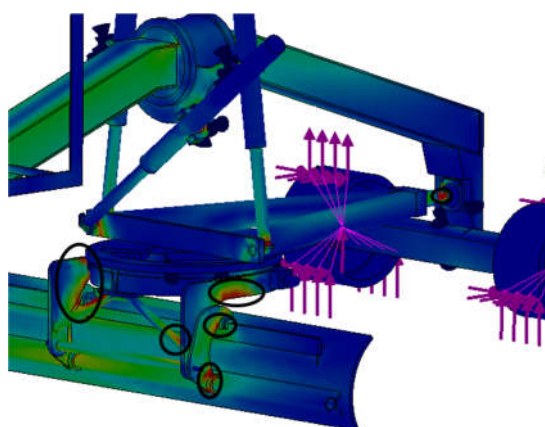


Рис.4 - Напряженное состояние рабочего оборудования базовой конструкции автогрейдера
Fig. 4 - The stress state of the working equipment of the basic design of the grader

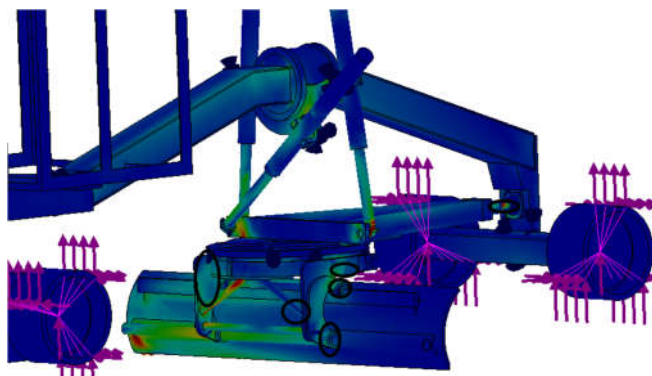


Рис.5 - Напряженное состояние рабочего оборудования новой конструкции автогрейдера
Fig. 5 - The stress state of the working equipment of the new design of the grader

Максимальные напряжения при использовании новой конструкции снизились на 17%.

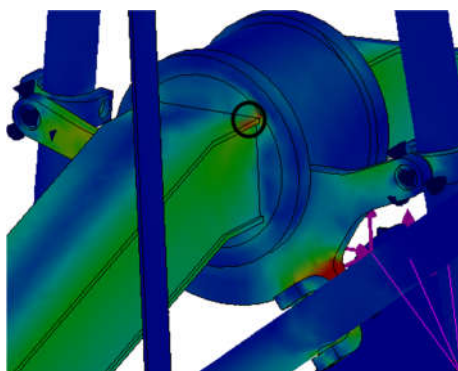


Рис.6 - Напряженное состояние кронштейна крепления гидроцилиндров базовой конструкции автогрейдера
Fig. 6 - The stress state of the mounting bracket of the hydraulic cylinders of the basic grader design

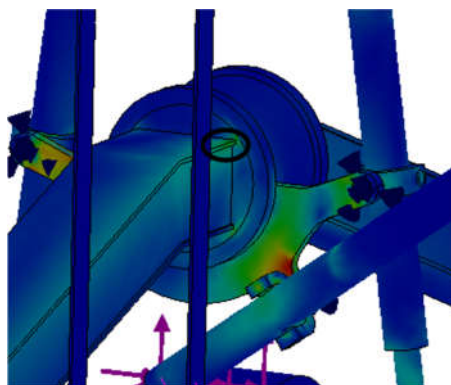


Рис.7 - Напряженное состояние кронштейна крепления гидроцилиндров новой конструкции автогрейдера
Fig. 7 - The stress state of the mounting bracket of the hydraulic cylinders of a new grader design



Рис.8 - Заваренная трещина на кронштейне крепления гидроцилиндров автогрейдера, возникшая от неучтенных реальных нагрузок

Fig. 8 - Brewed crack on the bracket for mounting the hydraulic cylinders of the grader, arising from unaccounted for real loads

На рисунке 8 показана заваренная электродуговой сваркой трещина на кронштейне крепления гидроцилиндров, возникшая от неучтенных реальных нагрузок при эксплуатации автогрейдера.

Выводы:

- Для повышения прочности и долговечности металлоконструкции автогрейдера и определения критически нагруженных узлов и креплений, в стандартных расчетах необходимо дополнительно рассматривать, реальные и расчетные положения рабочих органов, например, изменение коэффициента сцепления колес с грунтом при движении, перераспределение нагрузок при внецентренном нагружении и др., что позволит более полно учитывать влияние на машинотех процессов, которые не учитываются при статическом расчете.

- Результатами, полученными при математическом моделировании, такими как реакции на колеса машины, можно дополнять конечно-элементную модель и выполнять прочностные расчеты напряженно-деформированного состояния металлоконструкции автогрейдера, что даст более реальные напряжения в критически нагруженных узлах конструкции.

- Напряжения, получаемые и рассмотренные с помощью моделей, следует проверять на натурном образце, чтобы убедиться в достоверности созданного инструмента. По результатам проверки можно давать соответствующие рекомендации заводам изготовителям дорожной техники.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Жилейкин М. М., Котиев Г. О. Моделирование систем транспортных средств. – М.: 2017. – 275 с.
- [2] Shevchenko V., Chaplygina O., Bezsennaya Zh., Methods to determine measures providing a motor-grader road-holding ability//International Scientific Journal «Machines. Technologies. Materials», 2015. P. 78-83.

REFERENCES

- [1] Zhileikin M. M., Kotiev G. O. *Modelirovaniye system transportnykh sredstv* [In Russian: Modeling of vehicle systems]. Moscow, 2017. - 275 s.
- [2] Shevchenko V., Chaplygina O., Bezsennaya Zh. Methods to determine measures providing a motor-grader road-holding ability//International Scientific Journal «Machines. Technologies. Materials», 2015. - pp. 78-83.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА ДЛЯ СКАЛЫВАНИЯ ЛЬДА

Савельев Андрей Геннадьевич, д.т.н., Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Московский автомобильно-дорожный институт, г.Москва, Россия, prof.saveliev@yandex.ru

Дудкин Михаил Васильевич, д.т.н, профессор, ВКГТУ им. Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, vas_dud@mail.ru

Ким Алина Игоревна, доктор PhD, доцент, ВКГТУ им. Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, k.a.i.90@mail.ru,

ЖОЛДАРДЫ ҚЫСТА ҰСТАУ ҮШІН АВТОГРЕЙДЕР МЕТАЛЛ КОНСТРУКЦИЯСЫНЫҢ СЕҢІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Савельев Андрей Геннадьевич, т.ғ.д., Н. Э. Бауманатындағы Мәскеу Мемлекеттік Техникалық Университеті, Мәскеу Автомобиль-Жол Институты, Ресей, Мәскеу қ. prof.saveliev@yandex.ru

Дудкин Михаил Васильевич, т.ғ.д., профессор, Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ, Қазақстан, Өскемен қ., vas_dud@mail.ru,

Ким Алина Игоревна, PhD докторы, доцент, Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ, Қазақстан, Өскемен қ., k.a.i.90@mail.ru

Аңдатпа. Автогрейдер - жол машинасы, онда оның жұмыс органдары металл конструкциясына және тораптар мен бөлшектерді бекіту тораптарына қиын жүктеме жағдайында жұмыс істейді. Оларға соққы, бұрау, сыну, статикалық және динамикалық жүктемелер әсер етеді. Автогрейдер металлоконструкцияларының шекті жағдайын анықтауға арналған 3D модель және автогрейдер жұмысы кезінде жұмыс органында және дөңгелектерде пайда болатын күштерді анықтауға арналған математикалық модель автогрейдерлердің жаңа құрылымдарын дәстүрлі сериялық құрылымдармен салыстыруға және есептік жағдайларға байланысты олардың металл конструкцияларының кернеулі-деформацияланған жағдайын бағалауға мүмкіндік береді. Жұмыста жұмыс органында және автогрейдер қозғағышында сыртқы күш факторларын анықтау әдістемесі және олардың автогрейдер металл конструкциясының кернеулі-деформацияланатын жай-күйіне әсері әзірленді. Бұл әдістеме автогрейдер тораптарына қабылданған қосымша неғұрлым нақты есептеу жағдайлары мен жүктемелерін табуға және бағалауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Автогрейдер, автогрейдердің 3D моделі, автогрейдердің математикалық моделі, автогрейдердің кернеулі-деформацияланатын жағдайы, автогрейдердің есептік жағдайы, автогрейдердің қосымша есептік жағдайы.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.149-158

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF OPTIMIZATION METHODS FOR USING THE COMPLEX OF MACHINES WHEN CONSTRUCTING ROADS

Sapar Kabikenov, Cand.Sci.(Eng.), docent, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan; sapargk@mail.ru

Vasily Portnov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan; vs_portnov@mail.ru

Aidana Sungatollakzy, Master (Eng.), doctoral student, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan; aidana_s_070@mail.ru

Abstract. The main working units of construction and assembly processes are sets and complexes of machines that make up the car parks of road-building organizations. The effectiveness of their use depends on numerous factors. If you have the same production capabilities in an enterprise, you can get different results depending on how appropriately the sets and complexes of machines are formed, the structure of the fleet is determined, what is the level of organization of construction production. The scientific and methodological foundations for substantiating the structure and composition of road-building mobile complexes, taking into account the technology and probabilistic production factors, are currently not sufficiently developed. In addition, the existing methods developed in the period of a planned economy and currently do not take into account the harsh market conditions.

Studies aimed at improving the system of theoretical views and methods of planning the effective use of the fleet of road-building organizations are relevant. Identified effective options (matrix) of the acquisition of specialized mobile complexes and car parks. It is revealed that the optimal calendar distribution of the fleet of machines ensures rhythmic operation of

the machines, their full load, reduces organizational and technological downtime, which leads to a decrease in the number of required machines.

Keywords: complex of machines, a set of machines, road construction organizations, road construction, car park, optimization.

УДК519.852.33:625.7/8

С.Ж. Кабикенов¹, В.С. Портнов¹, А. Сұңғатолақызы¹

¹Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОДОРОГ

Аннотация. Ведущими рабочими узлами строительно-монтажных процессов являются машинные комплексы и комплекты, образующие технопарки дорожно-строительных организаций. Эффективность их применения зависит от многих моментов. Если у вас одинаковые производственные возможности на предприятии, вы можете получить разные результаты в зависимости от того, как умышленно созданы комплекты и комплексы машин, определена структура автопарка и уровень организации строительного производства. Научно-методические основы обоснования структуры и состава дорожно-строительных мобильных комплексов с учётом технологии и вероятностных факторов производства на сегодня разработаны недостаточно. Кроме того, существующие на сегодняшний день методики разработаны в период плановой экономики и в настоящее время не учитывают жестких условий рынка.

Актуальны исследования, нацеленные на совершенствование системы теоретических представлений и методов планирования для эффективного использования парка транспортных средств дорожно-строительных организаций. Определены эффективные варианты (матрицы) комплектования специализированных мобильных комплексов и парков машин. Выявлено, что оптимальное календарное распределение парка машин обеспечивает ритмичную работу машин, полноценную их загрузку, сокращает организационно-технологические простои, что приводит к уменьшению количества потребных машин.

Ключевые слова: комплекс машин, комплект машин, строительно-дорожные организации, строительство дорог, парк машин, оптимизация комплекта машин.

Введение. Актуальность работы. Машинные мобильные комплексы (ММК) являются базой для эксплуатации дорожно-строительной техники и автобанов РК в условиях строительства линейно-протяженных объектов. Формируются эти объекты различными способами: в лизинг, за счет нашего оборудования, в аренду и т. д. Согласно сложившейся практике состав оборудования и его количество определяется в соответствии с технологией работ в детерминированной форме. Из-за возможности непредвиденных простоев техники детерминированный подход

является необоснованным, поскольку такие организационные решения не исключают и не учитывают производственных рисков на объекте. Ввиду вероятностной структуры дорожно-строительного производства состав машинных мобильных комплексов должен формироваться с учётом динамики условий объекта строительства. Одним из главных направлений учета вероятностных факторов производства в расчетах комплексов является оптимизация их составов в целом[1,2].

Все существующие методы создания парков дорожно-строительных

машин выполнены на основе анализа проф. Пермякова В.Б и требуют разработки комплекта методик рациональной организации дорожно-строительных машинных мобильных комплексов (ММК), используя современные экономико-математические методы, для принятия эффективных организационно-технических решений в условиях рыночной экономики[4].

Дорожно-строительные изделия характеризуются такими типами, как грунт, основание из щебня, асфальтовое покрытие и т. д. Это также постоянный объект, прикрепленный к месту его производства, а ресурсы и ресурсы механизации постоянно переносятся на новые строительные площадки. Это требует поиска оптимальных форм организации производства работ для каждого вида продукции и новых условий производства работ, структуры комплектов станков и рациональных параметров технологических режимов работы. [2,3].

Мощности современных дорожных машин значительно увеличились, их производительность, надежность и эффективность возросли. В то же время их цена продажи и эксплуатационные расходы значительно возросли. Следовательно, отклонение от оптимальных организационных решений приводит к значительным финансовым убыткам.

При строительстве дорог используемые средства механизации зависят от природно-климатических, экономических и производственных факторов. В зависимости от целесообразности взаимодействия средств

механизации и комплексного использования в строительном процессе, имея одинаковые условия и одни и те же ресурсы, можно получить различные результаты.

Оптимизация всей системы управления производством работ строительства автомобильной дороги является сложной технико-экономической задачей. Поэтому оптимизируя определённые подсистемы, как строительство зем.полотна, дорожного основания, покрытия и т.д., можно обеспечить не общую, а частную оптимизацию всей системы [4].

Оптимальное календарное распределение парка машин обеспечивает ритмичную работу машин, полноценную их загрузку, сокращает организационно-технологические простои, что приводит к уменьшению потребных машин. Распределяемый парк машин формируется на базе современных требований комплексной механизации и состоит как из одиночных машин, так и комплектов и комплексов машин[7]. Календарные сроки производства работ на объектах строительства содержит перечень строительных объектов и сроки начала и окончания работ и устанавливаются на основе годового календарного плана строительства.

Постановка задачи. В качестве критерия оптимальности календарного распределения машин на плановый период (год, квартал, месяц) принимаем минимум суммарных приведенных затрат на производство механизированных работ на всех объектах (тг) [3]:

$$C_{\text{пробц}} = \sum_{q=1}^k \sum_{i=1}^m \left(C_M - C_{Mi} n_{\text{б}i} q + C_{\text{н}i} q + E_H \frac{C_{0i} n_{i} q}{n_{\text{зод}, i}} \right), \quad (1)$$

где i – тип машины или комплекса (1,... m); q – индекс объекта строительства (1,... k); C_{M-CMi} – стоимость 1 маш.-смены i –й машины без учета затрат на ее перебазировку, тг./смена; $C_{\text{н}i}$ – стоимость

монтажа-демонтажа и перебазировки машины на объект, тг.; E_H – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ($E_H=0,15$); C_{0i} – балансовая стоимость i -й машины, руб.;

n_{iq} —количество машино-смен работы i -й машины на q -м объекте; $n_{год*i*}$ —директивное количество машино-смен работы i -й машины в течение года.

В данный момент характерным недостатком при проектировании организации и механизации работ является слабое обоснование структуры комплектов машин. Во многих случаях его решение сводится к расчёту необходимого количества только ведущих машин по упрощенным методикам. Сопоставление возможных вариантов механизации строительного процесса не может обеспечить оптимальность решений, если совсем не производится, или ограничивается двумя-тремя комплектами. Имея в виду, что убытки от недоиспользования потенциальных возможностей машин, входящих в комплекты, настолько значительны, организация производства работ должны быть не просто удачными, а оптимальными [4].

Новизна. При составлении проекта производства работ в организации ТОО «Караганда Каздорпроект» распределение парка машин по ММК осуществляют методом вариантного проектирования. Сущность этого метода состоит в том, что одновременно разрабатывают несколько различных вариантов ММК для выполнения специализированных работ и затем к производству принимают лучший из них. При этом требуется максимальное выполнение следующих требований:

- а) обеспечение высоких качеств выполняемых работ;
- б) создание условия для строительства объекта с наименьшими технологическими трудностями;

в) обеспечение меньшей стоимости использования всех средств механизации [5].

Методы исследования.

Анализируя вышеизложенные факты о создании комплекта машин для оптимального строительства дорог выявлено, что на данный момент нет научно обоснованных методов, помогающих выбрать оптимальные варианты эксплуатации парка машин на основе экономических критериев и с учетом конкретных условий производства. Такие факторы не решают многие вопросы, связанные с оптимизацией использования машин и внедрение оптимальных вариантов в процессе эксплуатации. Основанные на диалектическом принципе взаимосвязи событий и явлений, системные подходы требуют умения находить оптимальные решения с учетом всего набора обратных связей и ограничений. Ввиду этого, основываясь на современные математические методы и применение ЭВМ, которые должны учитывать влияние производственных факторов, разработка новых и модернизация существующих методик выбора оптимальных вариантов эксплуатации машин является актуальной научной задачей и отвечает потребностям производства [5].

В таблице 1 приведены комплектование возможных машин дорожно-строительной организации для различных видов работ. Теоретические и экспериментальные базы работы укомплектований парка машин взяты из предприятий ТОО «Караганды жолдары»

Таблица 1 - Возможная матрица выбора комплекта машин
Table 1 - Possible matrix selection of complex machines

№	Задачи при строительстве автодорог	Машины, используемые при строительстве	A_6	A_2	A_3	Б	К	С	Э
	Разбивка земляного полотна в зависимости от способа производства механизированных работ								
1	Насыпь земляного полотна	Автогрейдеры, автосамосвалы	2,3	4					

2	Разбивка и закрепление насыпи	Бульдозеры или скреперы из боковых резервов				3		2	
3	Установка по оси и по бровке насыпи	Скреперы и автосамосвалы при отсыпке высоких насыпей	3					1	
4	Разбивка забоев для проходок	Экскаваторы при разработке выемок							1, 5, 6
5	Возведение земляного полотна	Бульдозер, бульдозерно-рыхлитель (Можно разрабатывать резервы одновременно с обеих сторон насыпи)				4, 5			
6	Разработка перемещение и укладка грунта в слои насыпи	Скрепер, прицепные и самоходные с мех. и гидравлич. системой управления, бульдозер				3		2	
7	Разработка карьеров и выемок	Экскаваторы, бульдозеры				3, 4			2, 3, 7
9	Уплотнение земляного полотна	Грунтоуплотняющие машины-катки					2		
10	Разравнивание	Автогрейдер	1,2						
11	Дорожная одежда	Автосамосвалы, бульдозеры, грейдеры, катки, скрепер	4,5	3		2, 4	1	3	
12	Асфальтобетонные или железобетонные покрытия	Асфальтоукладчики, катки				4,5		3	
13	Обочины	Уширитель, отсыпщик обочин, укладчик				3			
14	Транспортировка строительных материалов(щебень, гравий, песок)	Автосамосвалы, экскаваторы	5						4, 8

Условные обозначения Ав, Аг, Ас, Б, К, С, Э – соответственно автосамосвал, автогрейдер, асфальтоукладчик, бульдозер, каток, скрепер и экскаватор.

В таблице 2 приведены основные строительно-дорожные машины и их классификация, с учетом их производительности и от тягового класса, с

использованием которых составляются возможные варианты специализированных комплектов для выполнения определенного вида работ. Используя таблицу 1 и 2, подбираем возможные виды машин для выполнения определенных строительно-дорожных работ, и тем самым, подбираем оптимальный комплект машин.

Таблица 2 – Строительно-дорожные машины и их классификация
Table 2 - Road building machines and their classification

Бульдозеры	Кодировка машин с учетом их производительности и тягового класса		№ задач из табл. 1
	Б1	малогабаритные (класс до 0,9)	
	Б2	легкие (классов 1,4...4)	11
	Б3	средние (классов 6...15),	2,6,7
	Б4	тяжелые (класса свыше 25...35)	11,5,7
	Б5	сверхтяжелые (класса свыше 35)	5

Автогрейдеры	Аг1	легкие, мощностью 63—75 л. с, применяемые для мелкого ремонта грунтовых дорог;	10
	Аг2	средние, мощностью до 100 л. с, применяемые при ремонте и строительстве дорог с грунтами до III группы включительно;	10
	Аг3	тяжелые мощностью 160—180 л. с, предназначенные для больших объемов работ и тяжелых грунтовых условий;	11
	Аг4	особо тяжелые, мощностью 375— 430 л.с.	1
Скреперы	С1	малой вместимости (до 5 м ³)	3
	С2	скреперы средней вместимости (от 5 до 15 м ³)	2,6
	С3	скреперы большой вместимости (более 15 м ³)	5,11
Экскаваторы	Э1	С телескопическим оборудованием. Позволяет вести работы на наклонных поверхностях;	4
	Э2	С обратной лопатой. Позволяет разрабатывать грунты, расположенные ниже уровня экскаватора;	7
	Э3	С прямой лопатой. Универсальный инструмент, используемый для решения различных задач;	7
	Э4	Грейферы. Применяются для рытья котлованов и подводных работ	14
	Э5	Драглайны. Используется ковш, подвешенный к стреле; позволяет вести работы на уровне, значительно ниже экскаватора.	4
	Э6	строительные, с ковшами емкостью до 3 м ³ , предназначенные для земляных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве	4
	Э7	карьерные, с ковшами емкостью от 2 до 8 м ³ , предназначенные для работы в карьерах на разработке рудных и угольных месторождений, а также скальных пород;	7
	Э8	вскрышные, с ковшами емкостью свыше 6 м ³ , предназначенные в частности для разработки верхних слоев пород (вскрыши), покрывающих пласты полезных ископаемых (угля, руды).	14
Автосамосвалы	Ав1	1 класс – это спецтехника минимальной грузоподъемности – до 1 тонны;	1
	Ав2	2 класс автомобилей способен транспортировать до 2 тонн груза;	1
	Ав3	3 класс – это машины средней грузоподъемности, работающие с грузом до 5 тонн;	3
	Ав4	4 класс включает в себя большегрузные самосвалы, способные справиться с 10 тоннами;	11
	Ав5	5 класс – это мощные машины со сверхбольшой грузоподъемностью – более 10 тонн.	14
Катки	К1	тип 1—легкие вибрационные массой 0,6; 1,5 и 4 т одноосные одновальцовые (1/1) и двухосные двухвальцовые (2/2);	11
	К2	тип 2 — средние вибрационные и статические массой 6 т двухосные двухвальцовые (2/2) и двухосные трехвальцовые (2/3);	9
	К3	тип 3 — тяжелые статические массой 10 и 15 т двухосные двухвальцовые (2/2); двухосные трехвальцовые (2/3) и трехосные трехвальцовые (3/3).	12
Асфальтоукладчики	Ас1	легкие — производительностью 25—50 т/ч для небольших объемов работ.	

	Ас2	тяжелые — производительностью 100—200 и более т/ч,	
	Ас3	Миниасфальтоукладчики. Вес машин составляет до 6 тонн, производительность — до 250 тонн дорожного покрытия в час, а ширина готового дорожного полотна составляет от 1 до 3,5 метров.	13
	Ас4	Асфальтоукладчики среднего класса. Эти машины весят от 6 до 10 тонн, укладывают от 250 до 700 тонн строительной смеси в час, рабочая ширина для этого вида техники не превышает 5 метров.	12
	Ас5	Тяжелые асфальтоукладчики. Вес этой техники превышает 10 тонн, средняя производительность составляет 700-950 тонн дорожно-ремонтной смеси в час, а ширина укладки асфальта достигает 12 метров.	12

Технологическая карта формирования ММК при эксплуатации на объекте можно представить следующим образом:

- выбор типа ведущих и вспомогательных машин, которые являются основой и составляющие возможные варианты специализированных комплектов для выполнения определённого вида работ такие, как строительство земляного полотна, дорожного основания и т.д.;

- расчёт количества ведущих машин ММК задающие темп строительства (по вариантам);

- выбор типов вспомогательных машин по всем вариантам;

- расчёт количества вспомогательных машин по варианту;

- технико-экономическая оценка производства механизированных работ с выбором наиболее оптимального варианта [4,5].

Результаты исследования.

Рассмотрим на примере а/д "Кызылорда-Павлодар-Успенка-гр.РФ", устройство дорожной одежды на пучинистых участках, с разборкой существующей дорожной одежды и стабилизацией грунта с устройством выравнивающего слоя, строительный объем составляет 1800,00м² общей протяженностью 16км.(817-833км.). Для задачи первой подберем комплект машин: П₁ (Автогрейдеры среднего типа 99кВт (135 л.с.)- Экскаватор 0,65 м³-Бульдозер среднего класса (108

л.с.-Катки дорожные самоходные 8тн); П₂ (Автогрейдеры тяжелые 117кВт (160 л.с.)- Экскаватор 0,8 м³-Бульдозер тяжелые (148 л.с.)- Катки дорожные самоходные 13тн); П₃ (Автогрейдеры особо тяжелые 286кВт (390 л.с.)- Экскаватор 0,8 м³-Бульдозеры сверхтяжелые (200л.с.)- Катки дорожные самоходные (16тн)).

Задача вторая. Дорожная одежда, на ремонт основания методом ресайклинга и устройство а/бетонного покрытия. Строительный объем составляет 1800,00м² общей протяженностью 16км.(817-833км.). Комплекты машин: П₄ (Ресайклер - Фрезы самоходные дор.фирмы WIRTGEN, ширина барабана 350-1000мм)-Автогрейдеры среднего типа 99кВт (135 л.с.) - Катки дорожные самоходные 8тн); П₅ (Ресайклер - Фрезы самоходные дор. фирмы WIRTGEN, ширина барабана 350-1000мм-Автогрейдеры тяжелые 117кВт (160 л.с.)- Катки дорожные самоходные 13тн);)

Задача третья. Земляное полотно, планировка обочин. Строительный объем составляет 1800,00м² общей протяженностью 16км.(817-833км.). Комплекты машин: П₆ (Бульдозеры 79 кВт(108 л.с.)- Автогрейдеры среднего типа 99кВт (135 л.с.)); П₇ (Бульдозеры 96 кВт(130 л.с.)- Автогрейдеры тяжелого типа 117кВт (160 л.с.)); П₈ (Бульдозеры 132 кВт(180 л.с.)- Автогрейдеры сверхтяжелые выше 160кВт (218л.с.)). Аналогично подбираем возможные комплекты машин и рассчитываем затраты С_i, связанные с работой определенного комплекта П_j

Таблица 3 - Затраты , связанные с работой комплекта машин P_jC_i
Table 3 - Costs associated with the operation of a set of P_jC_i machines

Возможные комплекты машин P_i	C_1	C_2	C_3
P_1	93,5	45,6	56,4
P_2	66,5	34,9	76,54
P_3	53	87,5	36,81
P_4	44,5	25,5	36,8
P_5	39,5	64,5	45

Обсуждение результатов.

Определяем варианты комплектов машин, которые минимизируют средние затраты:

$$y = \sum_{j=1}^m y_{ij} p(C_j), (i=1,2,\dots,n), \quad (2)$$

где, y_{ij} – затраты i -го комплекта машин при работе в j -х условиях; $p(C_j)$ –

априорное распределение возможных условий работы комплекта машин[8].

$\Pi=(\Pi_1,\dots, \Pi_i,\dots, \Pi_n)$ – множество всех комплектов машин;

$C=(C_1,\dots, C_i,\dots, C_m)$ – множеств всех условий работ.

Ожидаемые затраты для априорного распределения возможных условий работы комплекта машин:

$$y(\Pi_1) = \sum_{j=1}^m y_{1j} p(C_j) = 128.35 * 0.05 + 111 * 0.10 + 99.2 * 0.15 + \\ + 92 * 0.4 + 86.9 * 0.15 + 83.15 * 0.10 + 80.3 * 0.05 = 93.5$$

Аналогично определяются затраты и для других комплектов машин:

$$y(\Pi_2) = \sum_{j=1}^m y_{2j} p(C_j) = 66.5,$$

$$y(\Pi_3) = \sum_{j=1}^m y_{3j} p(C_j) = 53,$$

$$y(\Pi_4) = \sum_{j=1}^m y_{4j} p(C_j) = 44.5,$$

$$y(\Pi_5) = \sum_{j=1}^m y_{5j} p(C_j) = 39.5.$$

Минимальные затраты для априорного распределения условий работы соответствуют использованию 4-го комплекта.

Выводы. Для выполнения определенного вида специализированных работ по комплекту ведущих машин на основе имеющегося парка машин в

дорожно-строительном управлении производится комплектование нескольких альтернативных ММК. Сравнение возможных вариантов по технико-экономическим показателям позволяет выявить самую оптимальную по производительности и себестоимости. Используя разработанный метод формирования оптимальных парков и комплектов машин и механизмов для конкретных производственных и ценовых условий, получают оптимальные результаты, позволяющие строительным организациям улучшить планирование затрат за счет рационального формирования парка машин и комплекты строительных машин и механизмов на основе имеющего количества техники. Это позволяет получить реальную возможность улучшить этап организации строительных работ, снизить себестоимость строительства дорог, повысить рентабельность производства, улучшить показатели на тендерах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пермяков В.Б., Иванов В.Н. Эффективность использования средств механизации в строительном производстве: Монография. – Омск: СибАДИ, 2002. – 192с.
- [2] Пермяков В.Б. Комплексная механизация строительства: Учеб. для вузов / В.Б.Пермяков. – М.: Высшая школа, 2008. – 383с.
- [3] Кудрявцев Е.М., Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1989. – 246с.
- [4] Пермяков В.Б. Методология оптимизации комплектов машин для строительства элементов автомобильной дороги// Вестник СибАДИ: Выпуск 4. Транспорт. Транспортные и технологические машины. – Омск, 2010. – С.5-9
- [5] Fu J., Jenelius E., Optimal Fleet Selection for Earthmoving Operations, the 7th International Structural Engineering and Construction Conference (accepted), 2013
- [6] Fu J., Bortolin G., Gear Shift Optimization for Off-road Construction Vehicles, Elsevier Procedia– Social and Behavioral Sciences, Volume 54, pp. 989–998, October 2012.
- [7] Roberto X. L., Bruno P., Ernesto F.J., Weissmann J., Distribution of Materials in Road Earthmoving and Paving: Mathematical Programming Approach. - Journal of Construction Engineering and Management, Volume 139(8), pp. 1046-1054, September 2013
- [8] Иванов В.Н. Концепция эффективного использования парка машин дорожно-строительных организаций: диссертация докт.техн.наук:05.05.04 – Омск, 2005. –300с

REFERENCES

- [1] Permjakov V.B., Ivanov V.N. *Jeffektivnost' ispol'zovanija sredstv mehanizacii v stroitel'nom proizvodstve: Monografija*. [In Russian: The efficiency of use of means of mechanization in construction: Monograph.] Омск: SibADI, 2002. – 192s.
- [2] Permjakov V.B. *Kompleksnaja mehanizacija stroitel'stva. Ucheb. Dlja vuzov* [In Russian: Complex mechanization of construction. Textbook for universities] / V.B.Permjakov. – Moscow.: Vysshaja shkola, 2008. – 383s.
- [3] Kudrjavcev E.M., *Kompleksnaja mehanizacija, avtomatizacija i mehanovooruzhennost' stroitel'stva: Ucheb. Dlja vuzov* [In Russian: Complex mechanization, automation and mechanical equipment of construction. Textbook for universities] Moscow: Strojizdat, 1989. – 246s.
- [4] Permjakov V.B. *Metodologija optimizacii komplektov mashin dlja stroitel'stva jelementov avtomobil'noj dorogi// Vestnik SibADI: Vypusk 4. Transport. Transportnye I tehnologicheskie mashiny* [In Russian: Methodology for optimizing sets of vehicles for the construction of road elements]. – Омск, 2010. – pp.5-9
- [5] Fu J., Jenelius E., Optimal Fleet Selection for Earthmoving Operations, the 7th International Structural Engineering and Construction Conference (accepted), 2013
- [6] Fu J., Bortolin G., Gear Shift Optimization for Off-road Construction Vehicles, Elsevier Procedia– Social and Behavioral Sciences, Volume 54, pp. 989–998, October 2012.
- [7] Roberto X. L., Bruno P., Ernesto F.J., Weissmann J., Distribution of Materials in Road Earthmoving and Paving: Mathematical Programming Approach. - Journal of Construction Engineering and Management, Volume 139(8), pp. 1046-1054, September 2013
- [8] Ivanov V.N. *Koncepcija jeffektivnogo ispol'zovanija parka mashin dorozhno-stroitel'nyh organizacij: dissertacija dokt.tehn.nauk:05.05.04* [In Russian: Concept of effective use of the vehicle fleet of road construction organizations]– Омск, 2005. –300s

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОДОРОГ

Кабикенов Сапар Жомартович, канд.техн.наук, доцент, Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, sapargk@mail.ru

Портнов Василий Сергеевич, доктор техн.наук, профессор, Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, vs_portnov@mail.ru

Сұңғатоллақызы Айдана, докторант, Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, aidana_s_070@mail.ru

ЖОЛ САЛУ ҚҰРЫЛЫСЫ КЕЗІНДЕ МАШИНА КЕШЕНІНІҢ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ӘДІСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ

Кабикенов Сапар Жомартович, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, sapargk@mail.ru

Портнов Василий Сергеевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, vs_portnov@mail.ru

Сұңғатоллақызы Айдана, докторант, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, aidana_s_070@mail.ru

Аңдатпа. Құрылыс-монтаждау процестерінің негізгі жұмыс бөліктері - бұл жол-құрылыс ұйымдарының машина парктерін құрайтын машиналар жиынтығы мен кешені. Оларды қолданудың тиімділігі көптеген факторларға байланысты. Кәсіпорындарда өндірістік мүмкіндіктер бірдей болған жағдайында, машиналар жиынтығы мен кешендерінің қаншалықты орынды құрылғанына, көліктер паркі құрылымының анықталуына және құрылыс өндірісінің ұйымдастырылу деңгейіне байланысты әртүрлі нәтижелерге қол жеткізуге болады. Технологияларды және өндірістің ықтималды факторларын ескере отырып, жол-құрылыс жылжымалы кешендерінің құрылымы мен құрамын негіздеуге арналған ғылыми-әдістемелік негіздер бүгінгі күнге дейін жеткілікті деңгейде дамымаған. Сонымен қатар, бар әдістемелер жоспарланған экономика кезінде әзірленген және қазіргі кездегі қатал нарықтық жағдайларды ескермейді.

Теориялық көзқарастар жүйесін және жол-құрылыс ұйымдарының көлік кешендерін тиімді пайдалануды жоспарлау әдістерін жетілдіруге бағытталған зерттеулер өзекті болып табылады. Арнайы жылжымалы кешендер мен машиналар паркін оңтайлы біріктірудің мүмкін тиімді нұсқалары (матрицалар) анықталды. Жол-құрылыс машиналарын ағымдық оңтайлы біріктіру машиналардың ырғақты жұмыс істеуіне, олардың толық жұмыс аусымын пайдалануына, өнімділігінің артуына әкеледі және жоспарлы ұйымдастыру технологиясының бос тұруын қысқартады, тұтынушы машиналар санының азаюына өзгертеді.

Түйін сөздер: машина кешендері, жол-құрылыс мекемелері, жол құрылысы, машина паркі, оңтайландыру әдістері, жол-құрылыс машиналары.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.158-165

EXPERIMENTAL STUDY OF TENSION STRESSES BY DIGITAL IMAGE CORRELATION METHOD OF STRAINED ADHESIVE JOINTS

Ganiy Akhmet, Can.Sci.(Eng), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, gany_akhmet@mail.ru

Ardak Kanazhanov, Tutor, School of Industrial Engineering, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan. 280140ait@mail.ru

Mazhit Akhmetov, Can.Sci.(Eng), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, mazhit.akhmetov@mail.ru

Maxim Taran, Can.Sci.(Eng), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, tmv_house@mail.ru

Abstract. Fast and highly accurate strain analysis using digital image correlation (DIC) has become increasingly important and in demand in recent years. The development of digital image correlation (DIC) over the past thirty years has made it a popular and powerful technique for measuring various deformations and shapes under stress. The digital image correlation method requires a simple experimental setup, low requirements for the experimental environment, and a wide range of applicability. Araldite® 2015 is a two-component epoxy adhesive paste that provides elastic adhesion, high shear strength and exfoliation, and a wide range of applications in industrial areas such as automotive, shipbuilding, aerospace industries, etc. An experimental approach was used to study the mechanical characteristics of tensile strength, as well as stress analysis of samples made from Araldite® 2015 glue (Huntsman Advanced Materials, Belgium) when baked at (40 °C-2 hours). All images after the experiment were later transferred in GOM® software. GOM® is a software for evaluating and investigating the different nature of materials, and testing components using digital image correlation (DIC). Using the laws of materials resistance, the mechanical properties of the studied glue were obtained. Presented study showed that DIC and GOM® allow us apply these techniques effectively to determine the mechanical properties, as well as to investigate the state of loaded machine parts and

structural elements. The authors hope that the article will be useful to many researchers in determining the mechanical characteristics in the study of new materials and structures.

Keywords: Digital Image Correlation; adhesive specimen; tensile test; GOM; tension diagram.

УДК620.172

Г.М. Ахмет¹, А.Е. Канажанов², М.Ф. Ахметов¹, М.В. Таран¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация. Быстрый и высокоточный анализ клеевых образцов методом корреляции цифровых изображений (DIC) становится все более важным и востребованным в последние годы. Для этого метода требуется простая экспериментальная установка, низкая требовательность к экспериментальной среде и широким диапазоном применимости. Изучаемый в данной статье клей Araldite[®] 2015 нашел широкое применение в склеенных конструкциях в таких отраслях транспортной промышленности, как автомобильное, авиационное, железнодорожное, судостроительное и др. С помощью экспериментального подхода были исследованы механические характеристики изготовленных клеевых образцов при растяжении, предварительно заготовки были подвержены термообработке при 40[°]С продолжительностью 2 часа. Все клеевые образцы после эксперимента были обработаны в программном комплексе GOM[®]. Далее с помощью законов сопротивления материалов получены механические свойства исследуемых клеевых образцов. Результат представленного исследования показал, что DIC и GOM[®] позволяет эффективно применять этот метод для определения механических свойств, а также исследовать состояние нагруженных склеенных деталей машин и элементов конструкций. Авторы надеются, что статья будет полезна многим исследователям при определении механических характеристик при исследовании новых материалов и конструкций.

Ключевые слова: метод корреляции цифровых изображений; клеевая заготовка; исследование на растяжение; GOM; диаграмма растяжения.

Введение. Метод корреляции цифровых изображений (DIC – Digital Image Correlation) – оптический метод, позволяющий исследовать процессы деформации и разрушения материалов (металлов, сплавов, керамики, полимеров и т.п.), а также исследовать состояние нагруженных деталей машин и элементов конструкций. Этот метод часто используется не только для измерения [деформаций](#), [полей перемещений](#) и [оптических потоков](#), но и широко используется во многих областях науки и инженерного направления.

Метод корреляции цифровых изображений является одним из перспективных подходов к изучению процессов деформации и разрушения материалов. В основе принципа его действия лежит методика построения векторов перемещений, основанные на определении оптического потока, а именно: корреляционные подходы описывают смещение как сдвиг, который позволяет достичь максимального соответствия между близко расположенными областями изображения, которые могут меняться во времени [1,2]. Далее с помощью аналитического метода

численного дифференцирования рассчитываются изменения деформации. Применение данного метода позволяет обеспечить высокую разрешающую способность и чувствительность измерений деформаций, одновременно исследовать несколько исследуемых объектов и материалов, подлежащих анализу. При этом существенно уменьшить затраты на производство и использование технических средств измерения. Построение векторов перемещений (оптического потока) и вычисление производных от перемещений являются основами оценки деформации методом корреляции цифровых изображений. Метод корреляции цифровых изображений позволяет бесконтактным методом количественно характеризовать процессы, развивающиеся на поверхности нагруженных материалов, с пространственным разрешением до нескольких микрон. В то же время, развитие технологий производства высококачественной регистрирующей фотоаппаратуры, увеличение разрешения фото- и видео датчиков, развитие цифровых методов высокоскоростной регистрации видеоданных обуславливают необходимость повышения быстродействия расчетных алгоритмов в методе корреляции цифровых изображений.

При исследовании деформации образцов конструкционных материалов оптико-телевизионным методом [1] одним из основных факторов, лимитирующих получение оценки деформации, является приращение внешней нагрузки, обуславливающее изменение рельефа на поверхности. В случае, если изменение рельефа между двумя соседними сопоставляемыми изображениями достаточно велико, заметно меняется яркость его элементов и сравнить участки начального и текущего изображений не представляется возможным. Погрешность измерения определяется как сумма систематической ошибки, вызванной субпиксельной ошибкой при определении

смещений и случайной погрешности, обусловленной наличием шумов и их уровнем. Показано, что радиус пятен при зернистости порядка $3\div 4$ пикселя обеспечивает минимальную ошибку определения смещения. Кроме того, при обработке экспериментальных данных (изображений) наличие шумов, низкое качество подготовки поверхности, существенно влияют на изменения рельефа и т.п.. влияют на точность измерения в определении перемещений, что, в свою очередь, обуславливает появление ошибок в оценке деформации. В работе Янг Т.И., Гербрандс Ж.Ж., Ван Влиет Д.Ж. [3] исследовано влияние размера элементов зернистости (пятен) на точность определения смещений методом DIC.

Основоположниками направления оценки деформации методом корреляции цифровых изображений являются Саттон М.А. [4], Макнил С.Р., Петерс У.Х., Рансон У.Ф. и др. В их работах метод DIC применен для анализа процессов распространения усталостных трещин, что реализовано путем пересчета полей векторов перемещений в карты деформации поверхности.

Экспериментальное исследование. Клей Araldite[®] 2015 был выбран для изготовления адгезивных образцов. На рисунке 1а и 1б представлена детальная геометрия объемного клеевого образца, а также подробный процесс его изготовления. Чтобы избежать образования пузырьков воздуха, внедренных в объемные образцы клея в процессе изготовления, была использована методика, описанная в стандарте испытаний EN ISO 527-20 [5], где была введена методика отверждения пластин клея в пресс-форме, и PTFE пленки. Сжатие формы в пресс-печи производилось под высоким давлением, равным 2 МПа. Процесс отверждения объемных клеевых образцов осуществлялся в нагревательной пресс-машине (рисунок 1в) 2 часа при температуре 40°C. Все готовые образцы заготовок (рисунок 1г) затем охлаждали до комнатной температуры естественным

образом, чтобы избежать внутреннего напряжения, вызванного различными изменениями температур окружающей среды в процессе охлаждения.

Готовые клеевые образцы подвергались растяжению со скоростью 0,2 мм/мин для получения физико-механических свойств испытуемых образцов на основе клея Araldite[®] 2015, включая модуль Юнга, деформацию разрушения, прочность на растяжение и т.д. Испытание проводилось с использованием универсальной испытательной машины Kexin WDW-100, как показано на рисунке 2. В современных DIC-системах перед нагружением на поверхности исследуемого материала наносился слой краски с помощью баллонов белого и черного оттенков краски, что позволяет при деформации, наблюдать изменение «зернистости» (спекл-картина) на поверхности образца (рисунок 1г). Это позволяет повысить контрастность и обеспечить достоверное определение перемещений. При этом форма и размер элементов зернистости могут существенно влиять на точность и помехоустойчивость измерения смещений. Изображение образца в плоскости захватывалось как сектор и анализировалось перемещение этого сектора на рабочей зернистой поверхности (нанесенного с помощью черно-белой краски) в пределах каждого такого элементарного окна в программе, описанной ниже. Максимум корреляции соответствует перемещению поверхности и дает длину и направление вектора для каждого элементарного окна. Для анализа необходимы минимум два изображения испытуемого образца, одно из которых,

как правило, снято при нулевой нагрузке. Для получения изображений используют CCD-видеокамеру. При использовании стереосистемы из двух CCD-видеокамер возможно измерение деформаций в трехмерном пространстве. Поведение испытуемого образца исследовалось с использованием цифровой камеры WP-UF500 (рисунок 2). Камера фиксировала цифровые изображения до и в процессенагружения, затем рассчитывались перемещения и деформации поверхности образца. Первое изображение было записано в ненагруженном состоянии образца, принятое как эталонное изображение. Второе сравниваемое изображение соответственно образца при деформации, затем все изображения были использованы для дальнейшей обработки в программе GOM[®] [6]. С помощью программы GOM[®] рассчитываются длина и деформация экстензометра (рисунок3). Результаты испытания на растяжение образцов (рисунок 4,а), представленные в виде усредненных кривых напряжений-деформаций приведены на рисунке 4,б и в таблице 1, которые впоследствии могут быть использованы для компьютерного моделирования и т.д. При проведении эксперимента были использованы четыре опытных образца заготовок одинаковых размеров.

Также были введены предел текучести σ_{yield} и растягивающая деформация объемных клеевых образцов ϵ_T (упругая область). Испытуемые образцы заготовок из клея в процессе проведения эксперимента показали нелинейную зависимость между напряжением и деформацией.

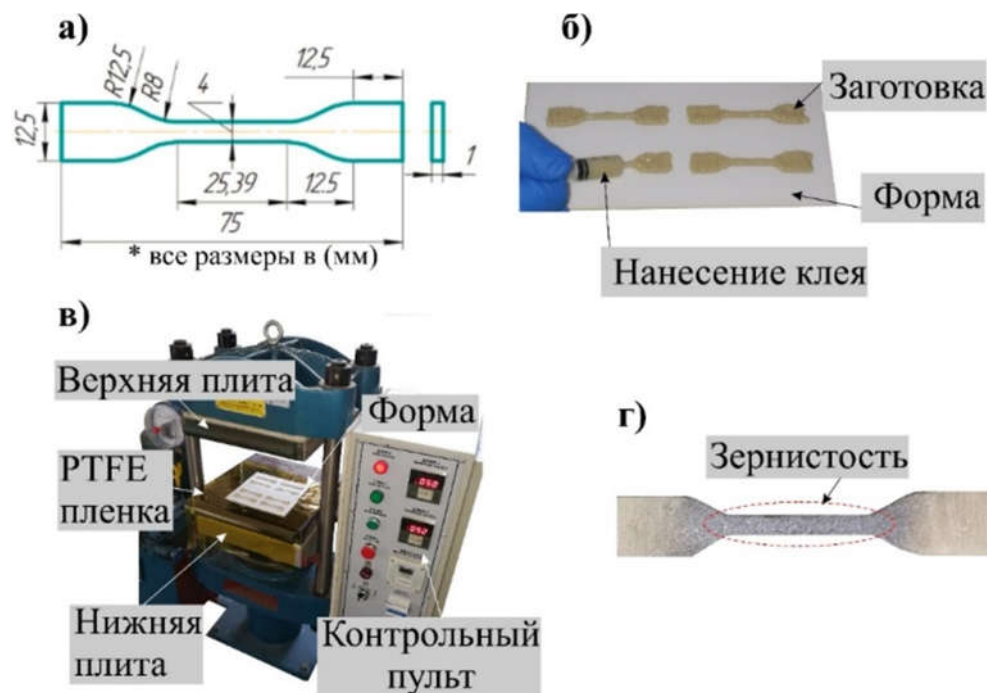


Рис. 1 – Параметры заготовки:

а) размеры заготовки; б) процесс нанесения клея в форму; в) пресс-печь для запекания заготовок в форме; г) нанесенная зернистость для DIC эксперимента.

Fig. 1 – Parameters of specimen:

а) geometry of specimen; б) injection process of adhesive into mould; в) press machine for curing mould; г) speckle-pattern on specimen

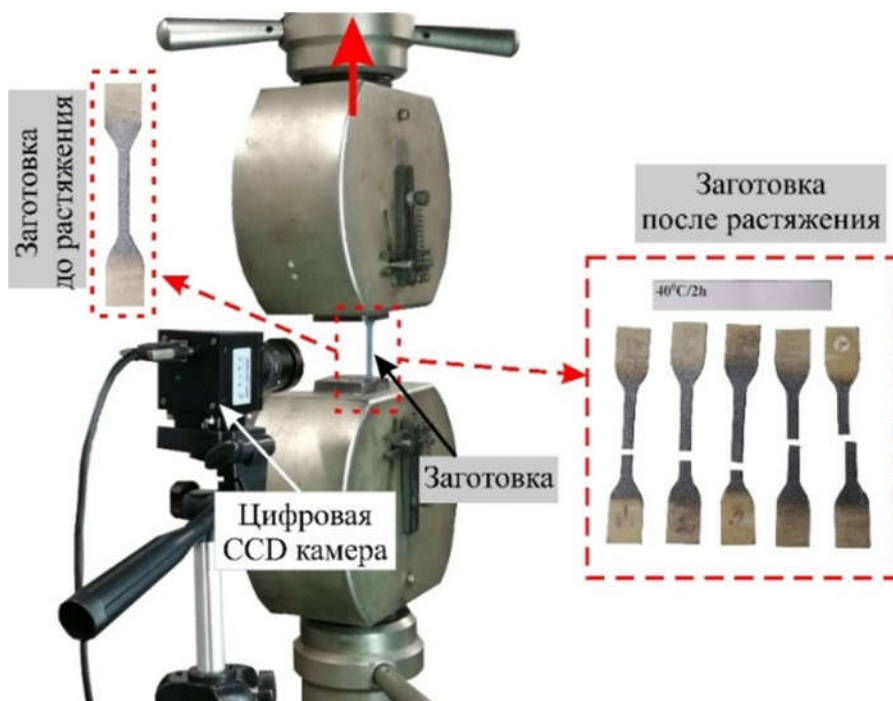


Рис. 2 – Процесс растяжения заготовки

Fig. 2 – Tensile process of specimen

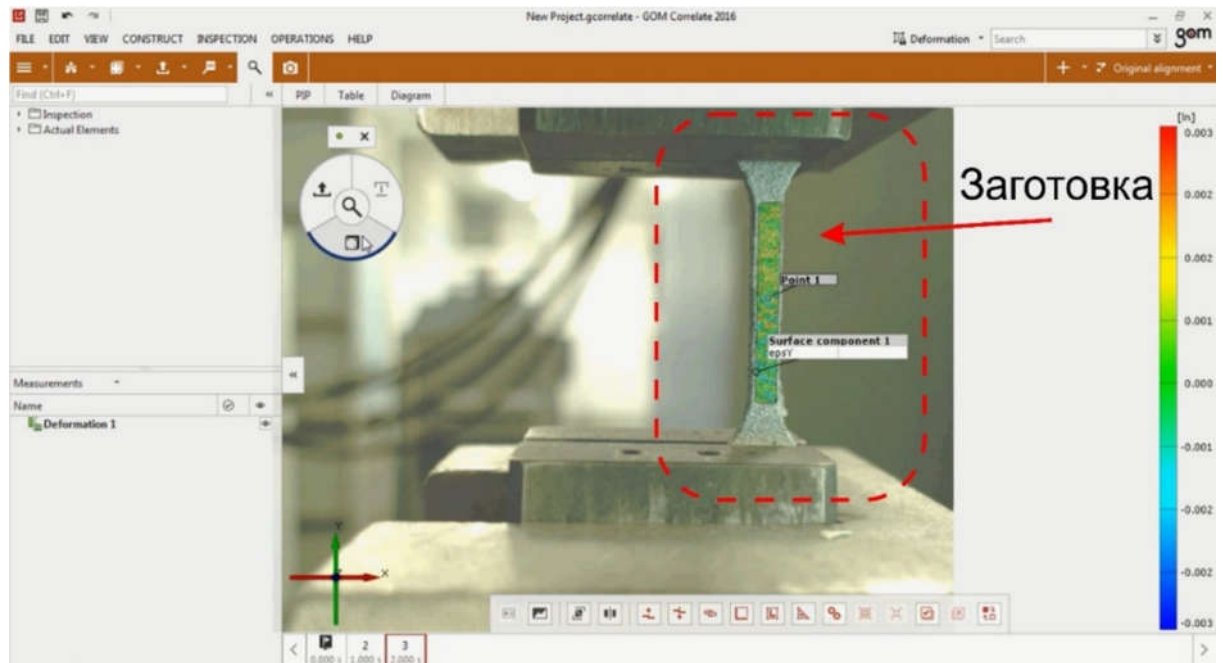


Рис. 3 – Скриншот графического интерфейса программы GOM®
Fig. 3 – Graphical user interface screenshot of GOM®

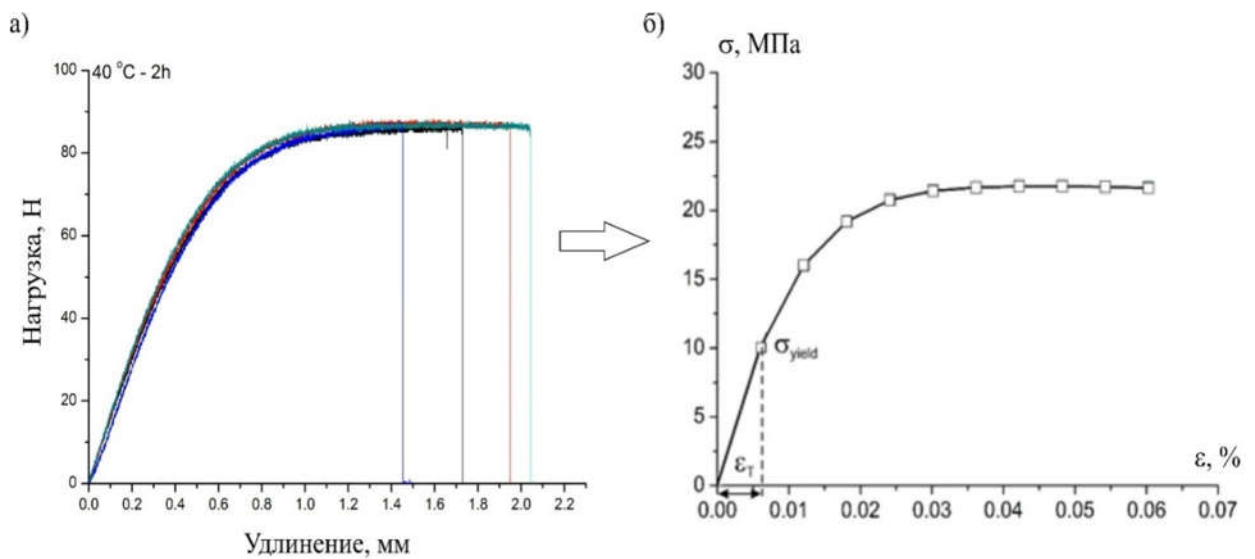


Рис. 4 – Диаграммы: а) растяжения и б) напряжения
Fig. 4 – Diagrams of a) tensile and б) stress-strain

Таблица 1 – Механические свойства клея Araldite® 2015.
Table 1 – Mechanical properties of the adhesive Araldite® 2015.

Свойства материала	Температура выпекания 40°C/2 часа.
Модуль упругости E_p , МПа	1333 ± 0.28
Прочность на растяжение, σ_f / МПа	20.80 ± 1.52

Выводы. В данной статье изложено современное экспериментальное исследование деформаций и напряжений при растяжении заготовки, полностью сделанной из клея. Описана экспериментальная методика с применением программного обеспечения GOM® и методика корреляции цифровых изображений. С помощью вышеописанных методик получены диаграммы растяжения и напряжение-деформация. Далее с помощью законов сопротивления

материалов получены механические свойства исследуемого клея.

При помощи проведенных экспериментальных исследований, используя вышеперечисленные методики, мы смогли убедиться в том, что благодаря DIC можно снизить трудоемкость и затраты на эксперименты. Результаты статьи могут быть интересны для широкого круга исследователей, которые проводят исследования прочностных свойств материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Pan B., Li K. A fast digital image correlation method for deformation measurement. *Optics and Lasers in Engineering*, 49 (2011) 841–847.
- [2] Титков В.В. Повышение быстродействия и помехоустойчивости алгоритмов оценки деформации методом корреляции цифровых изображений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. -Томск, 2015.- 160 с.
- [3] Waxman A.M. Convected activation profiles and receptive fields for real time measurement of short range visual motion / A.M. Waxman, J. Wu, F. Bergholm // *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*. – 1988. – pp. 717–723.
- [4] Sutton M.A., Orteu J.J., Schreier H.W. *Image correlation for shape, motion and deformation measurements. Basic concepts, theory and applications*. Springer, 2009. 321 с.
- [5] European Committee for Standardization, *Plastics - Determination of Tensile Properties -Part 2: Test Conditions for Moulding and Extrusion Plastics*, (1996).
- [6] GOM Testing. Technical Documentation as of V8 SR1. Digital Image Correlation and Strain Computation Basics. www.gom.com

REFERENCES

- [1] Pan B., Li K. A fast digital image correlation method for deformation measurement. *Optics and Lasers in Engineering*, 49 (2011) 841–847.
- [2] Titkov V.V. *Povyshenie bystrodejstvija i pomehoustojchivosti algoritmov ocenki deformacii metodom korrelyacii cifrovyh izobrazhenij. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskix nauk*. Tomsk, 2015. 160 s.
- [3] Waxman A.M. Convected activation profiles and receptive fields for real time measurement of short range visual motion / A.M. Waxman, J. Wu, F. Bergholm // *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*. – 1988. – pp. 717–723.
- [4] Sutton M.A., Orteu J.J., Schreier H.W. *Image correlation for shape, motion and deformation measurements. Basic concepts, theory and applications*. Springer, 2009. 321 с.
- [5] European Committee for Standardization, *Plastics - Determination of Tensile Properties -Part 2: Test Conditions for moulding and extrusion plastics*, (1996).
- [6] GOM Testing. Technical Documentation as of V8 SR1. Digital Image Correlation and strain computation Basics. www.gom.com

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ахмет Ганий, к.т.н, ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, gany_akhmet@mail.ru

Канаянов Ардак Ескандирович, тьютор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан. 280140ait@mail.ru

Ахметов Мажит Фахретдинович, к.т.н, ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан. mazhit.akhmetov@mail.ru

Таран Максим Владимирович, к.т.н, ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан. tmv_house@mail.ru

ЖЕЛІМ ҚОСЫЛЫСТАРЫНДА СОЗЫЛУ КЕЗІНДЕ ТУЫНДАЙТЫН КЕРНЕУЛЕРДІ САНДЫҚ БЕЙНЕЛЕР КОРРЕЛЯЦИЯ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ

Ахмет Ғаний, т.ғ.к., М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан. gany_akhmet@mail.ru

Қанажанов Ардақ Ескандирұлы, тьютор, Сатпаев Университеті, Алматы қ., Қазақстан. 280140ait@mail.ru

Ахметов Мажит Фахретдинұлы, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан. mazhit.akhmetov@mail.ru

Таран Максим Владимирович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан. tmv_house@mail.ru

Аңдатпа. Сандық бейнелер корреляция (DIC) әдісімен желім үлгілерін зерттеуі жылдам және дәлдігі жоғары болғандықтан соңғы жылдары аса маңызды және сұранысқа ие болып келеді. Бұл әдіс үшін қарапайым эксперименталды қондырғының қолданылуы жеткілікті. Бұл мақалада зерттелетін Agaldite® 2015 желімі автомобиль, авиация, теміржол, кеме жасау және т.б. сияқты көлік өнеркәсібі салаларында желімделген конструкцияларда кеңінен қолданылады. Алдын ала желімнен жасалған дайындамалар ұзақтығы 2 сағат 40°C кезінде термоөңдеуден өткізілген және тәжірибелік тәсілдің көмегімен жасалған желім үлгілерінің механикалық сипаттамалары зерттелді. Тәжірибеден кейін барлық желім үлгілері GOM® бағдарламалық кешенінде өңделді. Одан әрі материалдардың кедергі заңдарының көмегімен зерттелетін желімнен жасалған үлгілерінің механикалық қасиеттері алынды. Ұсынылған зерттеудің нәтижесінде DIC және GOM® бұл әдістердің көмегімен механикалық қасиеттерді анықтау үшін тиімді қолдануға, сондай-ақ машиналардың тиелген желімделген бөлшектері мен конструкция элементтерінің жай-күйін зерттеуге мүмкіндік беретінін көрсетті. Авторлар мақалада ұсынылған тәжірибемен анықталған механикалық сипаттамалар көптеген зерттеушілерге пайдалы болатынына үміттенеді.

Түйін сөздер: сандық бейнелер корреляциясы; желімді дайындық; созылуына тәжірибелік зерттеу; GOM; созылу диаграммасы

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.165-172

COMPUTER SIMULATION OF THE STRESSED-DEFORMED STATE OF THE STEEL STRUCTURE OF THE SHAFT HOISTING MACHINE

Ali Mekhtiyev, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan; barton.kz@mail.ru

Felix Bulatbayev, Cand.Sci.(Eng.), Dean, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan; felix4965@mail.ru

Julia Bulatbayeva, PhD, Docent, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan; julia_my_angel@mail.ru

Abstract. In the presented article, the authors set themselves the task of obtaining an adequate computer model for studying the stress-strain state of the steel structure of the beam of the brake mechanism of a mine hoisting machine with the establishment of a dislocation of accidentally dangerous zones of concentration of mechanical stresses leading to the formation of fatigue cracks. The article presents a graphical representation of the pattern of distribution of mechanical stresses modeled in the ANSYS program. The authors created 44 computer models of the beam. A study of computer models with various options for the combination of reinforcing elements and their location on the body of the beam. In practice, reinforcement elements were used in the repair of the design of brake beams of grade 2C – 4x2,3; 2C – 5x2,3; 2C – 5x2,4 and 2C – 6x2,4 of the company ArcelorMittal Temirtau JSC. Based on scientific analysis, one of the most effective amplification options presented in the article was selected. A comparative analysis of the results of measurements of the stress – strain state of the beam structure and the results obtained by computer simulation are given in the form of graphs in the article. The use of reinforcing elements allows us to solve the problem of fatigue failure, reduce the metal consumption of the structure and increase the resistance of steel structures of the beams of the brake mechanism of a mine hoisting machine. Observations using ultrasonic flaw detection methods for 5 years after repair showed

the absence of zones with fatigue cracks. Reinforcing elements can be used to increase the fatigue strength of any steel structures.

Keywords: Computer model, shaft hoisting machine, stress-strain state, reinforcement, steel structure, strength.

УДК 621.81:622.6

А.Д. Мехтиев¹, Ф.Н. Булатбаев¹, Ю.Ф. Булатбаева¹

¹Қарагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ШАХТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ МАШИНЫ

Аннотация. В представленной статье авторы ставят перед собой задачу получения адекватной компьютерной модели для исследования напряженно-деформированного состояния стальной конструкции балки тормозного механизма шахтной подъемной машины с установлением дислокации аварийно – опасных зон концентрации механических напряжений, приводящих к образованию усталостных трещин. В статье представлено графическое изображение картины распределения механических напряжений, смоделированных в программе ANSYS. Авторами создано 44 компьютерных модели балки. Проведено исследование компьютерных моделей с различными вариантами комбинации элементов усиления и их расположения на теле балки. На основании научного анализа отобран один наиболее эффективный вариант усиления, представленный в статье. Сравнительный анализ результатов измерений напряженно-деформированного состояния конструкции балки и результатов, полученных при компьютерном моделировании, приведены в виде графиков в статье.

Ключевые слова: компьютерная модель, шахтная подъемная машина, напряженно-деформированное состояние, усиление, стальная конструкция, прочность.

Важной задачей является получение адекватной компьютерной модели для исследования напряженно-деформированного состояния стальной конструкции балки тормозного механизма шахтной подъемной машины (ШПМ) с установлением дислокации аварийно – опасных зон концентрации механических напряжений, приводящих к образованию усталостных трещин. Полученная адекватная модель используется нами для поиска решений по усилению конструкции в месте ее усталостного разрушения, а также при проектировании новой конструкции со сниженной металлоёмкостью и заданными свойствами, снижающими риск образования трещин. Используя

компьютерную модель, мы смогли снизить толщину стальной стенки балки до 2 раз с 40 мм до 20 мм, при этом увеличилась сопротивляемость конструкции усталостному разрушению. Компьютерная модель создана с учетом всех технических параметров реальной стальной балки тормозного механизма. Концентраторы механических напряжений приводят к развитию усталостных трещин в области омах и уменьшают долговечность при циклических нагрузках, соответственно образуются «аварийно-опасных зоны деформации» в конструкции балки [1].

На рисунке 1 представлено графическое изображение картины распределения механических напряжений, смоделированных в программе ANSYS.

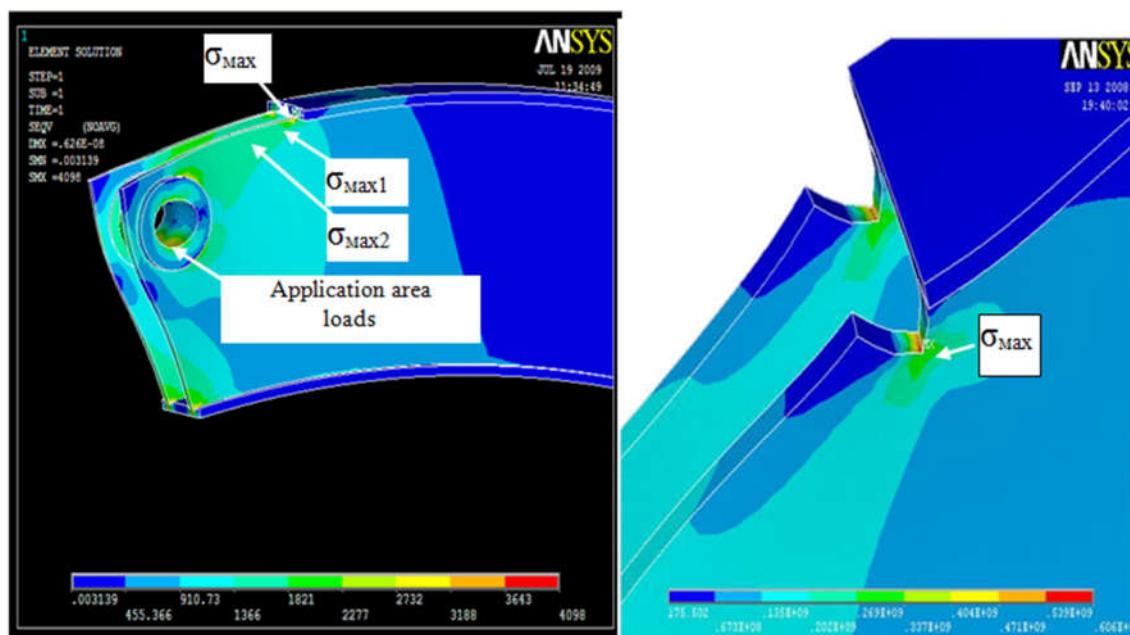


Рис.1 – Компьютерная модель конструкции балки: а) зоны σ_{max} , σ_{max1} , σ_{max2} , которые являются концентраторами механических напряжений приводят к развитию усталостных трещин в области; б) процесс развития усталостной трещины в «аварийно-опасной зоне»
Fig.1 – Computer model of beam construction: a) zones σ_{max} , σ_{max1} , σ_{max2} , which are concentrators of mechanical stresses lead to the development of fatigue cracks in the region; б) the process of development of a fatigue crack in the «emergency-hazardous zone»

На рисунке 1а стрелками отмечены зоны с наибольшими концентрациями механических напряжений, и в процессе эксплуатации балки образуются усталостные трещины. При эксплуатационных нагрузках отмечено уменьшение усталостной прочности в конструкции балки, не только в аварийно-опасных зоне σ_{max} , но и в зонах σ_{max1} и σ_{max2} расположены в области сварных швов верхней и боковой грани балки (рисунок 1а). Это так же связано с изменением структуры металла в около шовной зоне и концентрацией остаточных напряжений после проведения сварочных работ. Анализ усталостного разрушения металла балки с учетом циклического фактора нагрузки показал, что основными факторами развития усталостных трещин являются: амплитуда напряжений и деформации; длительность и количество циклов. В процессе развития разрушения

наблюдается переход от скрытой (тонкой) к наружной (широкой) трещине, что объясняется усталостью металла, сопровождающейся накоплением повреждений в области границ зерен металла от цикла к циклу. Результаты моделирования процесса развития трещин в конструкции с использованием программы ANSYS приведены на рисунке 1б [2].

При увеличении длины трещины снижается прочность балки и допустимая нагрузка, результаты моделирования процессов разрушения приведены на рисунке 2. Компьютерная модель позволяет визуализировать процесс развития усталостной трещины в аварийно-опасных зонах, что в дальнейшем позволит установить конструктивные параметры элементов усиления [3].

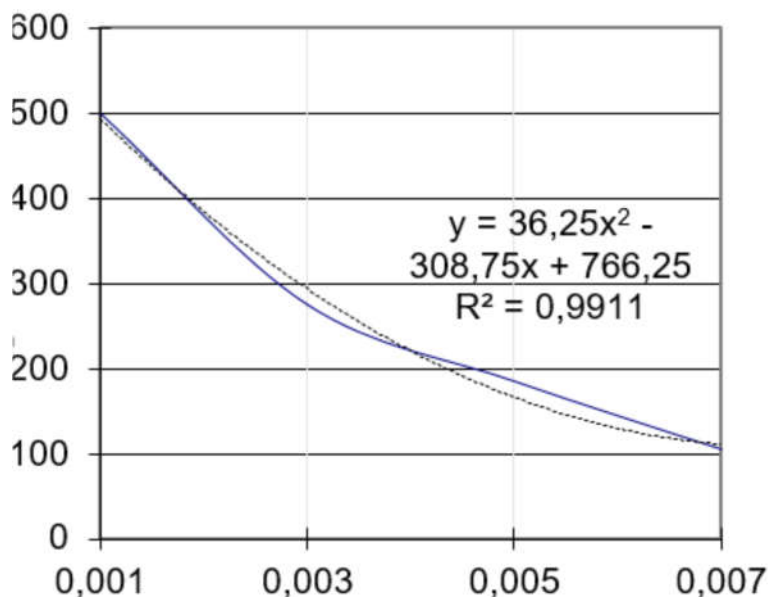


Рис. 2 – Зависимость снижения значений допустимых напряжений, приводящих к разрушению конструкции от длины растущей в ней трещины

Fig.2 – Dependence of the reduction of permissible stress values, leading to the destruction of the structure from the length of the crack growing in it

Разработанный нами способ усиления конструкции основан на использовании накладных элементов, позволяющий исключить возможность дальнейшего усталостного разрушения, связанного с многократным циклическим приложением нагрузок к элементам тормоза в процессе его эксплуатации [3].

Накладными элементами усиления могут быть дисковая накладка, ребро, кольцевая накладка или их комбинированные варианты. Накладные элементы крепятся на боковых гранях балки при помощи сварного или клеевого соединения. Данные способы прошли практическую апробацию на действующих ШПМ компании АО «АрселорМиттал Темиртау» марки 2Ц–4х2,3; 2Ц–5х2,3; 2Ц–5х2,4 и 2Ц–6х2,4. Получены положительные результаты при использовании элементов усиления, которые использованы при ремонте поврежденных усталостным разрушением стальных конструкций балок тормозного механизма [3].

Нами создано 44 компьютерных модели балки и проведено их исследование с различными вариантами комбинации

элементов усиления и их расположения на теле балки, на основании научного анализа отобран один наиболее эффективный вариант усиления, представленный на рисунке 3.

Данный вариант является наиболее приемлемым для данной ситуации. Усиленная конструкция балки с толщиной стенки 20 мм способна выдерживать такие же нагрузки, как балка с толщиной стенки 40 мм, так как усиливается только нагруженная часть, а толщину не нагруженной можно снизить до 2 раз. Элементы усиления выполняются из той же марки стали, что и балка, в нашем случае это низкоуглеродистая конструкционная сталь СТ10 (Россия), существует ее Американский аналог AISI C1010 или Немецкий DIN C 10. Возможности программы ANSYS позволяют моделировать нагрузки на элементы балки, связанные с циклическостью нагрузки и асимметрией цикла. Моделирование позволяет установить точные геометрические размеры элементов усиления и их расположение на теле балки.

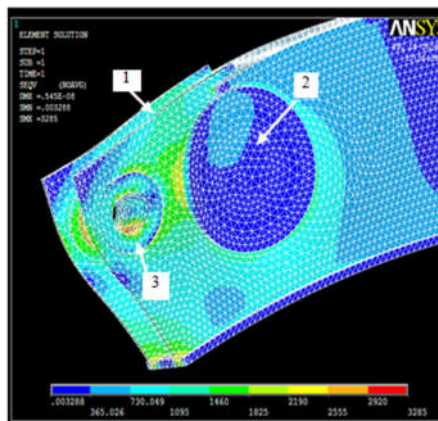


Рис.3 – Компьютерная модель конструкции балки с элементами усиления конструкции
Fig.3 – Computer model of the beam structure with structural reinforcement

В процессе моделирования удалось установить характер изменения скорости роста усталостной трещины, который зависит от коэффициента асимметрии цикла интенсивности напряжений. Использование элементов усиления конструкции позволяет снизить размах коэффициента асимметрии цикла интенсивности напряжений и значительно уменьшить предрасположенность закрытия

трещины к изменению состояния на пороге усталости и асимметрию цикла напряжений, что в конечном итоге позволяет снизить вероятность роста усталостной трещины [3].

На рисунке 4 приведены некоторые результаты исследований напряженно-деформированного состояния имитационных компьютерных моделей балок.

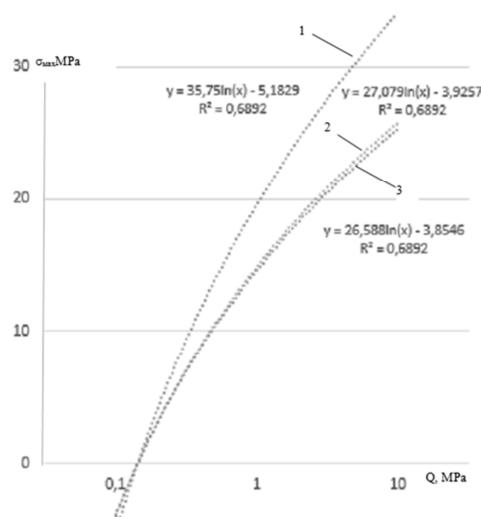


Рис. 4 – Зависимости максимальных напряжений σ_{\max} от эксплуатационной нагрузки Q для различных моделей: 1 - имитационная компьютерная модель, с толщиной стенки 20 мм; 2 - имитационная компьютерная модель, с толщиной стенки 40 мм; 3 - имитационная компьютерная модель, с толщиной стенки 20 мм и элементами усиления

Fig.4 – Dependences of maximum stresses σ_{\max} on operational load Q for various models: 1 - simulation computer model, with a wall thickness of 20 mm; 2 - simulation computer model, with a wall thickness of 40 mm; 3 - simulation computer model, with a wall thickness of 20 mm and reinforcing elements

Из 44 балок выбран наиболее оптимальный вариант с наилучшими показателями прочности усталостному разрушению. График доказывает возможность усиленной конструкции 3 с толщиной стенки 20 мм работать одинаково надежно при эксплуатационных нагрузках также как, как конструкция 2 с толщиной стенки 40 мм, что не достижимо для конструкции 1. Данные экспериментов аппроксимированы при помощи компьютерной программы с регрессивной оценкой. Из графика на рисунке 4 видно, что использование комбинации элементов типа «дисковая накладка», «кольцевая накладка» и «ребро» позволяет снизить значение максимальных напряжений в аварийно-опасной зоне усталостного разрушения с максимальными значениями механических напряжений σ_{max} стальной конструкции балки. Аналогичные зависимости отмечены в зонах σ_{max1} и σ_{max2} .

Как сказано ранее, решение задачи по повышению прочности и обеспечению надежности работы тормозной балки сводится к определению «опасных мест» в конструкции и мерах по снижению значений механических напряжений и деформации. Это можно реализовать, используя метод имитационного моделирования развития трещин в

конструкции при помощи программы ANSYS.

Сравнительный анализ результатов измерений напряженно-деформированного состояния конструкции балки и результатов, полученных при компьютерном моделировании, приведены на рисунке 5 и указаны значения механических напряжений (МПа) в трех зонах усталостного разрушения σ_{max} , σ_{max1} и σ_{max2} . Измерения механических напряжений производились на типовой конструкции тормозной балки шахтной подъемной машины НКМЗ 2Ц-4х2,3 с толщиной стенки 20 мм с использованием прибора ИКН-1М. Цифрами 1 - 4 обозначены конструкции балок, которые подвергались испытанию нагруженную эквивалентными реальным эксплуатационными нагрузкам (МПа): 1 - имитационная компьютерная модель, с толщиной стенки 20 мм; 2 - имитационная компьютерная модель, с толщиной стенки 20 мм на которой установлены элемент усиления «Дисковая накладка»; 3 - типовая реальная конструкция тормозной балки, с толщиной стенки 20 мм; 4 - типовая реальная конструкция тормозной балки с толщиной стенки 20 мм, на которой установлены элемент усиления «Дисковая накладка» [4].

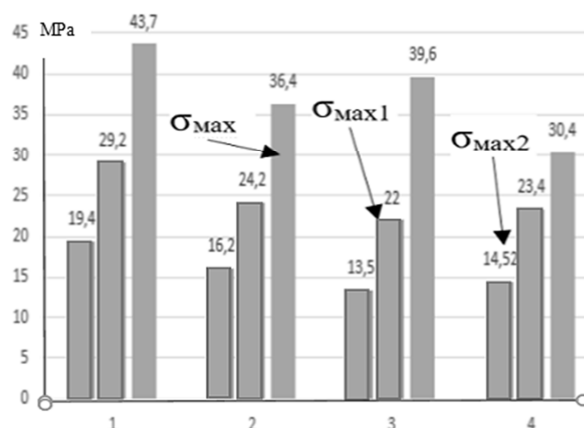


Рис.5 – Результаты измерений напряженно-деформированного состояния конструкции балки и компьютерного моделирования

Fig.5 – The results of measurements of the stress – strain state of the beam structure and computer simulation

Анализируя результаты исследований, можно сделать вывод, что использование элементов усиления позволяет снизить значения механических напряжений в зонах усталостного разрушения σ_{\max} , $\sigma_{\max 1}$, $\sigma_{\max 2}$ и повысить сопротивляемость конструкции. Разница в результатах, полученных при помощи компьютерном моделировании и при измерениях прибором ИКН–1М, для балок 1 и 3 составляет 12% и для балок 2 и 4 соответственно 13%.

Выводы. Использование элементов усиления позволяет решить проблему усталостного разрушения, снизить металлоемкость конструкции и повысить сопротивление стальных конструкций балок тормозного механизма ШПМ усталостному разрушению. Элементы усиления способны снизить значения максимальных механических напряжений в зоне образования усталостных трещин. Использование элементов усиления позволит восстановить прочность стальной конструкции после проведенного ремонта. Для каждой стальной конструкции механической части тормоза необходимо

проводить свой комплекс исследований с учетом эксплуатационных нагрузок и создавать свои модели на основе практических измерений при помощи прибора ИКН -1м на основе магнитной памяти металла. Для получения адекватных компьютерных моделей и точных параметров элементов усиления необходимо производить измерения механических напряжений реальных конструкций и сопоставлять их с результатами компьютерного моделирования. Предложенный нами метод прошёл практическую апробацию при ремонте и усилению конструкции тормозных балок ШПМ марки 2Ц–4х2,3; 2Ц–5х2,3; 2Ц–5х2,4 и 2Ц–6х2,4 компании АО «АрселорМиттал Темиртау». Проведенные наблюдения с использованием методов ультразвуковой дефектоскопии в течение 5 лет после ремонта, показали, отсутствие зон с усталостными трещинами. Элементы усиления могут быть использованы для повышения усталостной прочности любых стальных конструкций

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мехтиев А.Д., Акашев З.Т., Таткеева Г.Г., Жамлиханова Ю.С., Баландин В.С. К вопросу проблемы прочности конструкции шахтных подъемных машин. Актуальные проблемы современности, № 11(76), 2011, с. 5-8.
- [2] Мехтиев А. Д., Юрченко А. В., Булатбаев Ф. Н., Нешина Е. Г., Алкина А. Д. Теоретические основы повышения эффективности восстановления изношенных шарнирных соединений шахтной подъемной машины. Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геолого-технических наук, Том 5, № 431, 2018, с. 66 - 75.
- [3] Мехтиев А.Д. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния конструктивных частей. Актуальные проблемы современности, № 2 (2), 2013, с. 84-91.
- [4] Югай В.В., Эйрих В.И., Белик Г.А., Фалалеева О.В. Использование методов компьютерного моделирования для решения проблем надежной эксплуатации механической части тормозного устройства. Труды VII научно-практической конференции «Dny vedy – 2011», Dil 22 – Прага: Education and Science, 2011. – С.3-6.

REFERENCES

- [1] Mekhtiyev A. D., Akashev Z.T., Tatkeeva G.G., Zhamlikhanova Yu.S., Balandin V.S. *K voprosu problemy prochnosti konstrukcii shahtnyh pod'emnyh mashin*. [In Russian: On the issue of structural strength of mine hoisting machines]. Actual Problems of the Present, No. 11 (76), 2011, pp. 5-8.
- [2] Mekhtiyev A. D., Yurchenko A. V., Bulatbayev F. N., Neshina Y. G., Alkina A. D. *Teoreticheskie osnovy povysheniya effektivnosti vosstanovleniya iznoshennyh sharnirnyh soedinenij shahtnoj pod'emnoj mashiny* [In Russian: Theoretical bases of increase of efficiency of restoration of the worn out hinged joints of mine hoisting machine]. News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences, Vol. 5, No. 431, 2018, pp. 66 – 75.
- [3] Mekhtiyev A. D. *Komp'yuternoe modelirovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya konstruktivnyh chastej*. [In Russian: Computer simulation of the stress-strain state of structural parts]. // Actual Problems of the Present, No. 2 (2), 2013, pp. 84-91.

- [4] Yugay V.V., Eirich V.I., Belik G.A., Falaleeva O.V. *Ispol'zovanie metodov komp'yuternogo modelirovaniya dlja resheniya problem nadezhnoj jekspluatacii mehanicheskoy chasti tormoznogo ustrojstva*. [In Russian: Using computer simulation methods to solve the problems of reliable operation of the mechanical part of the brake device]. Proceedings of the VII scientific-practical conference «Dny vedy - 2011», Dil 22 - Prague: Education and Science, 2011. - pp. 3-6.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ

Мехтиев Али Джаванширович, к.т.н., ассоциированный профессор, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан; barton.kz@mail.ru

Булатбаев Феликс Назымович, к.т.н., Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан; felix4965@mail.ru

Булатбаева Юлия Феликсовна, PhD, доцент, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан; julia_my_angel@mail.ru

ШАХТАЛЫҚ КӨТЕРГІШ МАШИНАНЫҢ БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯСЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ

Мехтиев Али Джаванширович, т.ғ.к., профессор, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, barton.kz@mail.ru

Булатбаев Феликс Назымович, т.ғ.к., декан, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, felix4965@mail.ru

Булатбаева Юлия Феликсовна, PhD, доцент, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан, julia_my_angel@mail.ru

Аңдатпа. Ұсынылған мақалада авторлар шаршаңқы жарықтардың пайда болуына әкелетін механикалық кернеулердің шоғырлануының авариялық қауіпті аймақтарының орналасуын орната отырып, шахталық көтергіш машина (ШКМ) тежегіш механизмінің болат конструкциясының кернеулі-деформацияланған күйін зерттеу үшін адекватты компьютерлік модель алу міндетін алға қояды. Мақалада ANSYS бағдарламасында кодталған механикалық кернеулердің үлестірілу суретінің графикалық бейнесі берілген. Авторлар темірдің 44 компьютерлік үлгісін жасады. Күшейту элементтері комбинацияның әртүрлі нұсқаларымен компьютерлік модельдерге және олардың темірдің денесінде орналасуына зерттеу жүргізілді. Ғылыми талдау негізінде мақалада ұсынылған күшейтудің ең тиімді бір нұсқасы іріктелді. Темір конструкциясының кернеулі-деформацияланған күйін өлшеу нәтижелерін және компьютерлік моделдеу кезінде алынған нәтижелерді салыстырмалы талдау мақалада графиктер түрінде келтірілген.

Түйін сөздер: Компьютерлік модель, шахталық көтерме машина, кернеулі-деформацияланған күй, күшейту, болат құрылымы, беріктік.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.172-178

FACTORS AFFECTING THE RESPONSE TIME OF THE BRAKING SYSTEM OF MOTOR VEHICLES

YErmeK Baubekov, Dr.Sci. (Eng.), Professor, Kazakh academy of transport and communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; baubekov3@mail.ru

Gabit Bakyt, PhD, Assistant to Professor, Kazakh academy of transport and communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; gaba_b@bk.ru

Ainur Zhalinova, Master (Eng.), Doctoral student, Kazakh academy of transport and communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; kereyeva09@gmail.com

Abstract. In the article, an analysis of the operational factors of the braking system during the examination of road traffic accidents was carried out. According to the analyses carried out, it was found that braking efficiency depends on the value of gaps between friction linings and brake drum. It is justified that increasing the free stroke of the brake pedal reduces the length of its working stroke, but does not provide full braking. It is noted that in a brake drive equipped with a vacuum amplifier, there is a loss of time for operation of the control valve and a drop in pressure in the section of the brake line. It is

justified that the performance requirements for automotive braking devices shall provide for the smallest amount of brake response time. The reasons for the decrease in the efficiency of vehicle brakes have been identified. According to the regulatory documents, four main options are found to be the consequences of road traffic accidents. It is proposed to introduce correction coefficients into the method of calculation of brake system actuation time. According to the literary review, the brake system response time is one of the main factors characterizing the performance of the brake drive. The main operating factors affecting the braking system actuation time are listed. As a result of the analysis and calculations, it was found necessary to determine the dependence of the influence of certain operational factors on the time of growth to the maximum deceleration, the time of braking with steady deceleration.

Keywords: Braking system, actuation, brake shoe, operation parameters, braking distance, correction factor.

ӘОЖ 629.11

Е.Е. Баубеков¹, Ғ.Б. Бақыт¹, А.К. Жалинова¹

¹М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

АВТОКӨЛІКТЕРДІҢ ТЕЖЕГІШ ЖҮЙЕСІНІҢ ІСКЕ ҚОСЫЛУ УАҚЫТЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТОРЛАР

Аңдатпа. Мақалада жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) сараптамасы кезіндегі тежегіш жүйесінің пайдаланылмалы факторларына талдау жүргізілген. Тежегіш баспасының бос жүрісін ұлғайту оның жұмыстық жүрісінің ұзындығын азайтатыны, бірақ толық тежеуді қамтамасыз етпейтіні негізделді. Автокөлік құралдарының тежегіштер тиімділігінің төмендеу себептері анықталған. Тежеу жүйесінің іске қосылу уақытын есептеу әдістемесіне түзету коэффициенттерін енгізу ұсынылды. Талдау және есеп жүргізу қорытындысында жеке пайдаланылмалы факторлардың ең жоғары баяулауға дейін өсу уақытына, белгіленген баяулаумен тежеу уақытына әсер ету тәуелділігін анықтау қажеттілігі анықталды.

Түйін сөздер: Тежеу жүйесі, іске қосылу, тежеу колодкасы, пайдалану параметрлері, тежеу жолы, түзеткіш коэффициент.

Көлік құралдарын басқару кезінде тежеу қажеттілігі жеткілікті дәрежеде жиі туындайды. Тежегіш бұл – тек автомобильді тез арада немесе лезде тоқтату құралы ғана емес, сонымен қатар қозғалыс жылдамдығын реттеуге арналған құрал екенін түсінгеніміз жөн. Статистика көрсетіп отырғандай жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) көпшілігі белгілі бір мөлшерде тежеумен байланысты. Осылайша ЖКО-ның қатысушыларынан оқиғаның себептері мен салдарын анықтау кезінде сараптау нәтижесіне әсер ететін сарапшылардың есепке алуына қатысты мүмкін болатын факторлар жөнінде сұрақтар туындаған жағдайлар болып жатады. Зерттеу барысында сарапшылардың алдында көлік құралдарының ЖКО-на дейінгі, ЖКО

сәтіндегі және одан кейінгі техникалық күйін бағалауға қатысты сұрақтар қойылады. Олардың маңыздысы болып – жүргізуші ЖКО алдын алудың техникалық мүмкіндігіне ие болды ма және тежеу механизмдерінің кеш іске қосылуына қандай себептің қатысы бар?

КҚ тежеу жолын есептеудің қолданыстағы әдістерінде тежеу жүйесінің іске қосылу уақытына әсер ететін бірқатар қосымша факторлар есепке алынбайды. Дегенмен, КҚ-ның пайдалану қасиеттерінің көрсеткіштеріне есептеу кезінде маңыздылығы төмен деп ескерілмейтін секундтың оннан бір немесе жүзден бір бөлігі ЖКО кезінде адамның кінәлі немесе кінәлі еместігі жағынан тағдырын шешуі мүмкін. Тежеу жүйесінің күйін тексеру барысында дәстүрлі әдістеме

келесідей факторларға назар аударылмайды: КҚ нақты жүрісі (пробег); тежеу жетегінің түрі; тежеу жүйесінің бөлшектері мен шығыс материалдарын ауыстыру жүргізген жүрісі сәтіндегі тежегішті басқарудың жай-күйі; шығыс материалдарының сапасы; техникалық қызмет көрсетудің дер кезінде жүргізілгендігі және сапасы; басқару органдарында және әр дөңгелектегі тежеудің күштері.

Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақыты ретінде күштің тежегіш басқару (тежегіш тетігі) органына басылу уақытынан бастап автокөліктің көрнекті кері үдеуінің басталуына дейінгі кезеңдегі толық қуатқа тежегіш механизмдерді әрекет келтіру үшін қажетті уақыт алынады, яғни тежегіш негіздерінің қаптаулары арасындағы үйкелістің ең жоғары күшінің туындау уақыты және S_T (м) – тежегіш жол (тежегіш басқару органына басу уақытынан бастап толық тоқтағанға дейін автокөлік құралының өтетін жолы), $j_{уст}$ (m/c^2) – тежеу кезіндегі баяулау, t_{cp} (с) – тежегіштердің іске қосылу уақыты сияқты көрсеткіштер.

Тежегіштердің пайдаланылмалы факторларының нақты мәліметтері белгілі болған жағдайда, ЖКО сараптамасы кезінде оқиғаның техникалық себебін жиі түсіндіруге болады, сондықтан барлық өлшемдер оқиға орнында немесе қосымша қарау кезінде орындалады [1].

Тежеу тиімділігі үйкелістік жапсырмалар мен тежегіш барабаны арасындағы саңылаулардың шамасына, тежегіш жапсырмаларының барабандарға тегіс басылуына және олардың жағдайына, тетіктердің еркін жүрісіне байланысты. Тежегіш барабаны (тежегіш дискісі) арасындағы саңылаулар пайдалану барысында бөлшектердің табиғи тозу салдарынан көбейеді. Бұл тежегіш тетікке басылу уақытынан бастап жапсырмалардың толық басылу уақытын көбейтеді, осылайша тежегіш жолды көбейтеді.

Тежегіштер тиімділігінің төмендеу себебі жапсырмалардың және тежегіш

барабандардың тозу салдарынан тетіктердің еркін жүрісінің өсуі болуы мүмкін. Тетіктің еркін жүрісінің өсуі оның жұмыс жүрісінің ұзындығын азайтады: басқыш (педаль) кабина еденіне тірелуі мүмкін, бірақ толық тежеуді қамтамасыз етпейді [2].

Тежегіш жетегінің механикалық жүйесі үшін іске қосылу уақыты келесі әрекеттерді орындау уақытының шығындарына тең:

1. Жетектің беріліс бөлшектеріндегі саңылауларды және люфттерді таңдау.

2. Тежегіш тетіктер, күш, білік, арқан және жетектің басқа бөлшектерінің металының өзгеруі (созылу, бұралу, бүгілу).

3. Тежегіш негіздердің жапсырмаларының барабандардың үстіңгі бетімен жанасуына дейін ауысуы.

4. Ең жоғары қысым кезінде барабанмен жапсырмалардың толық жанасуы.

Тежегіш жетегінің пневматикалық жүйесі үшін, жоғарыда аталған элементтермен қатар, келесілерді ескеру қажет:

1. Тежегіш тетігімен қосылған басқару клапанының іске қосылу уақыты.

2. Магистраль учаскесіндегі ауа қысымының бас резервуардан жұмыс ауа цилиндріне дейін өсу уақыты.

Ұқсастығына қарай атап өту қажет, вакуумдық күшейткішпен жабдықталған тежегіш жетегінде келесі әрекеттерге уақыт кетеді: а) басқару клапанының іске қосылуы және б) магистраль учаскесінде қысымның түсуі қозғалтқыштың енгізу құбыры – күшейткіш цилиндрі күшейткіш піспегі қозғалысының басталу уақытына дейін [3].

Тежегіш жетегінің гидравликалық жүйесі үшін, механикалық жүйемен салыстырғанда бас тежегіш цилиндрден магистральға белгілі бір көлемде сұйықтықты ығыстыру кезінде сұйық орта арқылы қысым жіберуге іске қосылу уақыты шығыны қосылады. Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытының ең

төмен шамасына электрмагнитті типті жетек ие болады.

Тежегіш механизмдерге жетектің басқа жүйелері арқылы жіберілетін қысымды көбейту кезінде іске қосылу уақыты шамамен 1:10 қатынаста қысқарады.

Пайдалану үрдісінде жеңіл автомобильдердің тежеу тиімділігін бағалау әдістемесін тексеру үшін тежеу тиімділігіне ең көп әсер ететін факторларды іріктеп алу қажет. Бұл үшін ең алдымен сараптаушылық зерттеу әдістерін жуықтау қолданылады. Аталған әдіс әсер ететін факторлардың барлығы толықтай анықталмаған жағдайда, яғни әдістемені әзірлеудің алғашқы кезеңінде жеткілікті болып саналады.

Алдымен себепті байланыстар анықталған ретте тізбектері және оның техникалық мүмкіндігін жоққа шығарылады және оның техникалық ақаулығына байланысты жарамсыздығы себепті КҚ техникалық жағынан ақауын алдын алу туралы мәселені шешеді, жүргізуші оқиғаның басталуы анықталған жағдайда, сарапшы ЖҚЕ талаптар орындалған кезде ЖКО болған уақыты зерттеледі. Оқиғаның алдын алу үшін қажетті шарт болып, КҚ техникалық жарамсыздығы себептерімен байланысты техникалық мүмкіндігі болмаған жағдайда немесе ЖКО болмаған кезде жүргізушінің әрекеті дұрыс деп тапқан кезде оқиға болған жағдай жоқ саналады.

Шын мәнісінде, ереже бойынша, жол-көлік оқиғаларының салдары төрт негізгі нұсқалар тіркесімінен кезедеседі [3]:

1. Жүргізуші ешбір техникалық ақаулықты алдын алу және жол оқиғаларының болуының басталуын алдын алуға техникалық мүмкіндігі болмады. Ондай келеңсіз жағдайларда техникалық ақаулықты жағдайлар оқиғасының қажетті шарты (себепті әрекеттегі фактор) және онымен бірге себепті болып табылады.

2. Жүргізушінің техникалық ақаулықты анықау мүмкіндігіне ие болмады, бірақ жол-көлік оқиғаларының басталуының алдын алудың техникалық мүмкіндігіне ие болды. Бұл жағдайда техникалық ақаулық аталған жол-көлік оқиғасының басталуы үшін қажетті жағдай жасамады және онымен себепті байланыста болмады.

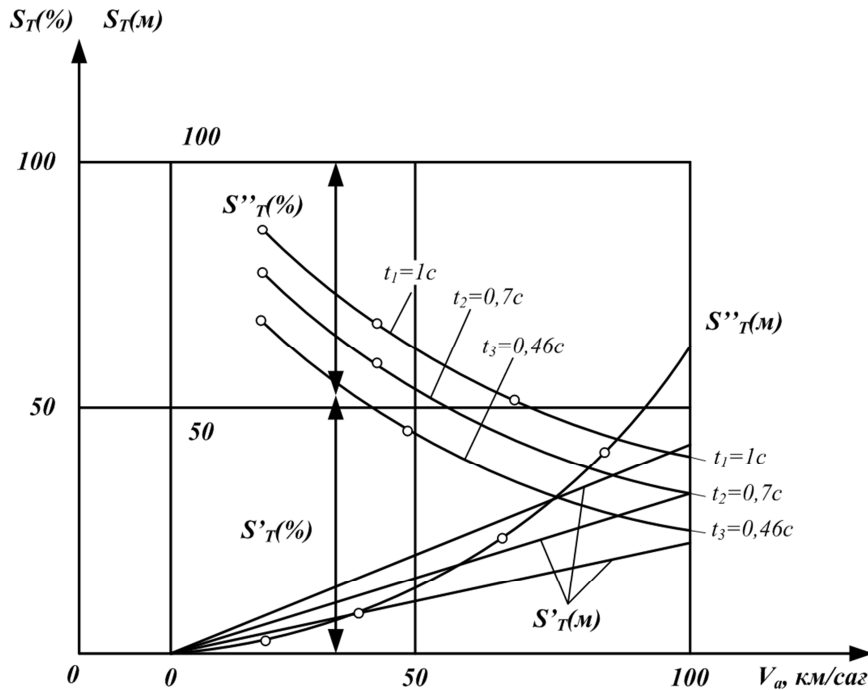
3. Жүргізуші техникалық ақаулықты анықтады, бірақ көлік құралының түйінінің (агрегатының, механизмінің) жұмысы кезінде істен шығудың туындау сәтінен бастап жол-көлік оқиғасының басталуының алдын алудың техникалық мүмкіндігіне ие болмады. Аталған жағдайларда техникалық ақаулық жол-көлік оқиғаларының басталуына қажетті шарт ретінде рөл атқарады, және сәйкесінше, онымен себепті байланысқа ие болып табылады.

4. Жүргізуші техникалық ақаулықты анықтады және жол-көлік оқиғасының басталуының алдын алудың техникалық мүмкіндігіне ие болды. Бұл жағдайда техникалық ақаулық жол-көлік оқиғаларының басталуына қажетті жағдай жасамады және онымен себепті байланысқа ие емес болып табылады.

Көлік құралдарының техникалық жай-күйімен байланысты сұрақтарды зерттеу тыңғалықты еңбекті және көп жағдайларды автомобильді егжей-тегжейлі тексеруді қажет етеді. Көп жағдайларда жекелеген механизмдер мен агрегаттардың бөлшектенуін қажет етеді.

Автокөліктің тежегіш жүйелеріне қойылатын пайдаланылмалы талаптар тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытының ең төмен шамасын қарастыруы қажет.

Н.А.Бухарин, Б.Е.Боровский, В.А.Илларионов тежегіш жүйесі жұмысының тиімділігінің диаграммасын, яғни тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытының тежегіш жолының ұзындығына әсер етуін кұрды (1 сурет). Берілген мәліметтердің қазіргі күні де маңыздылығы бар [3].



1-сур. Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытының тежегіш жолдың ұзындығына әсері
Fig.1 – Effect of braking system response time on braking path length

мұндағы:

S_T – тежеудің қауіпті аймағының ұзындығы ($S_T = S_T' + S_T''$);

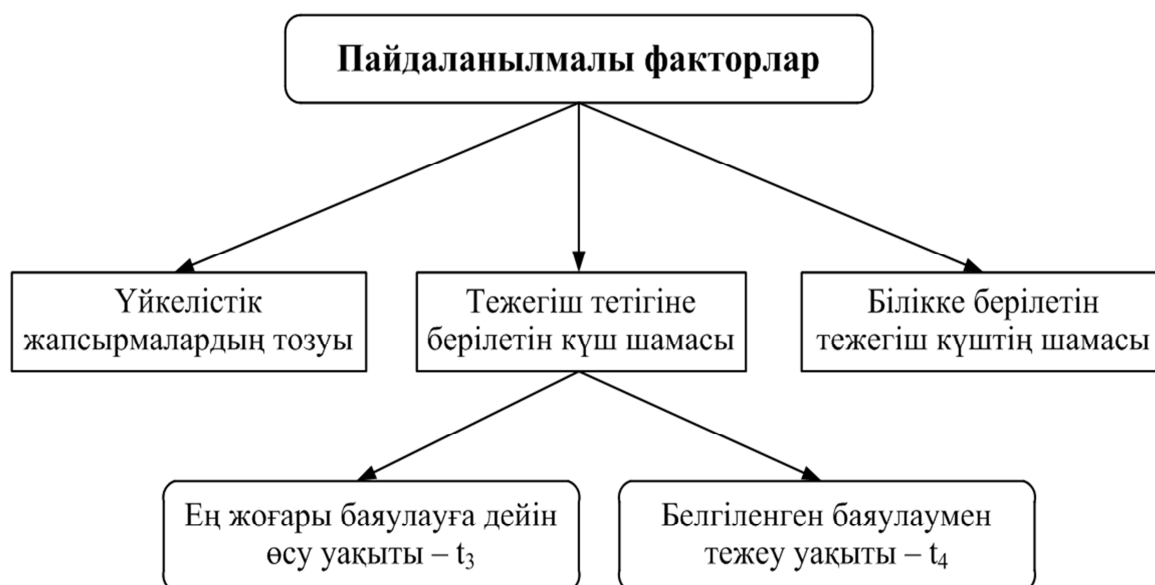
S_T' - жүргізушінің әрекет етуі кезіндегі $t_1=0,54$ секунд уақытындағы және тежегіш жетегінің іске қосылу уақытындағы t_2 тежеу жолының ұзындығы;

S_T'' – тежегіш механизмдердің әрекет ету уақытындағы тежеу жолының ұзындығы;

V_a – автокөлік құралының қозғалыс жылдамдығы.

Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақыты тежегіш жетегінің әрекет ету тиімділігін сипаттайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Н.А.Бухарин өз тәжірибелеріне қорытынды ретінде тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытына 2 суретте көрсетілген пайдаланылмалы факторлардың әсер ететінін анықтады [4].

Автокөліктің тежегіш жүйесі механизмдерінің техникалық жағдайын ескеру қажет, өйткені республика автопаркі шыққан жылы 10 жылдан астам автокөліктердің 70% тұрады. Және бейресми мәліметтер бойынша 70–80% автокөлік иелері заңсыз жолмен алынған ТҚ талондарымен жүруді жалғастыруда. Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақыты тежегіш тетігінің еркін жүрісінің көп шамасынан көбейеді, яғни тежегіш барабаны (тежегіш дискісі) арасындағы саңылаулар пайдалану барысында механизмдердің тозу салдарынан көбейеді. Бұл тежегіш педальға басу уақытынан бастап тежегіш дискілерге жапсырмалардың толық басылу уақытын көбейтеді, осылайша тежегіш жолды көбейтеді.



2 -сур. Тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытына әсет ететін пайдаланылмалы факторлар
Fig.2 – Operational factors affecting braking system response time

Көлік құралдарының (КҚ) баяулау параметрлерінің (j_T) тәжірибелік өлшемдерінің қорытындысында дәделденгендей, КҚ баяулауын анықтаған нақты шама ($j_{T\text{факт}}$) қолданыстағы әдістемемен қолданылатын кесте мәліметтерінің шамаларынан асады ($j_{T\text{уст}}$). Сондықтан диаграммада $j_{T\text{уст}}$ шамасы $j_{T\text{факт}}$ шамасына тең болады.

Талдау жүргізу барысында ең жоғары баяулауға дейін өсу уақытына (t_3), белгіленген баяулаумен тежеу уақытына (t_4) жеке пайдаланылмалы факторлардың әсер ету тәуелділігін анықтау қажеттілігі туындады. Осыған байланысты, тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытын есептеу әдістемесіне түзетуші коэффициенттерді енгізу ұсынылады: K_1 – ең жоғары баяулауға дейін өсу уақытын түзетуші t_3 ; K_2 – t_3 және белгіленген баяулаумен тежеу уақытын түзетуші t_4 және; K_3 – t_4 түзетуші.

Қорытынды. Әдеби шолулар негізінде көлік құралдарының тежеу жолын есептеудің қолданыстағы әдістерін

талдау барысында тежеу жүйесінің іске қосылу уақытына әсер ететін бірқатар қосымша факторлар есепке алынбайтыны анықталды.

Зерттеу әдістерін қарстырғанда тежегіш жетегінің механикалық жүйесі үшін іске қосылу уақытының шығындарына әсер ететін негізгі көрсеткіштер келтірілді.

Зерттеу жүргізу барысында көлік құралдарының тежегіш жүйесінің іске қосылу уақытына әсет ететін негізгі пайдаланылмалы факторлар анықталып, олардың тәжірибе жүзінде қорытынды нәтижелерге әсер етеіні негізделді.

K_k қосымша коэффициентін енгізу жолымен жол көлік оқиғаларына сараптама әдістемесін жетілдіру ұсынылады. Берілген коэффициент жоғары шамаға дейін автокөліктің баяулауының өсу уақыты және белгіленген баяулаумен тежеу уақыты сияқты параметрлер шамасын түзететін болады.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Ревин А.А. Автомобильные автоматизированные тормозные системы: технические решения, теория, свойства: Монография / Ревин А.А. – Волгоград: Изд-во «Института качества», 1995. – 160 с.
- [2] Дадашев Д.Р., Нагиев А.М. Определение параметров торможения при нагреве тормозных накладок / Дадашев Д.Р., Нагиев А.М. – М.: Журнал «Автомобильная промышленность», 1978. – №7. – с. 19-20.

- [3] Тартаковский Д.Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Тартаковский Д.Ф. – СПб.: Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.
- [4] Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза: учебное пособие / Суворов Ю.Б. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003. – 208 с.

REFERENCES

- [1] Revin A.A. *Avtomobilnye avtomatizirovannye tormoznye sistemy* [in Russian: Automotive automated braking systems]. Volgograd: Izd-vo «Instituta kachestv», 1995. – 160 s.
- [2] Dadashev D.R., Nagiev A.M. *Opredelenie parametrov tormozheniya pri nagreve tormoznyh nakladok* [in Russian: Determination of braking parameters during brake linings heating]. M.: – Zhurnal «Avtomobilnaya promyshlennost», 1978. – №7. – s. 19-20.
- [3] Tartakovskii D.F. *Problemy neopredelennosti dannyh pri ekspertize dorozhno-transportnyh proisshествii* [in Russian: Problems of data uncertainty in accident examination]. SPb.: Iuridicheskii tsentr Press, 2006. – 268 s.
- [4] Suvorov Iu.B. *Sudebnaja dorozhno-transportnaja jekspertiza* [in Russian: Judicial road and transport examination]– M.: Izd-vo «Ekzamen», 2003. – 208 s.

АВТОКӨЛІКТЕРДІҢ ТЕЖЕГІШ ЖҮЙЕСІНІҢ ІСКЕ ҚОСЫЛУ УАҚЫТЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТОРЛАР

Баубеков Ермек Ельтаевич, т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, baubekov3@mail.ru

Бақыт Ғабит Бақытұлы, PhD, ассистент профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, gaba_b@bk.ru

Жалинова Айнұр Қуралқызы, докторант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, kereyeva09@gmail.com

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Баубеков Ермек Ельтаевич, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; baubekov3@mail.ru

Бақыт Ғабит Бақытұлы, PhD, ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; gaba_b@bk.ru

Жалинова Айнұр Қуралқызы, докторант 1 курса, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; kereyeva09@gmail.com

Аннотация. В статье проведен анализ эксплуатационных факторов тормозной системы при экспертизе дорожно-транспортных происшествий. Обосновано, что увеличение свободного хода тормозной педали уменьшает длину ее рабочего хода, но не обеспечивает полного торможения. Определены причины снижения эффективности тормозов автотранспортных средств. Предложено внести корректирующие коэффициенты в методику вычисления времени срабатывания тормозной системы. В результате проведения анализа и расчетов выявлена необходимость определения зависимости влияния отдельных эксплуатационных факторов на время нарастания до максимального замедления, время торможения с установившемся замедлением.

Ключевые слова: тормозная система, срабатывание, тормозная колодка, эксплуатационные параметры, тормозной путь, корректирующий коэффициент.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.179-183

INFORMATIZATION OF JSC «NC «KTZ» BASED ON SYSTEMS OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF BUSINESS PROCESSES

Muslim Aikumbekov, candidate of technical Sciences, associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, muslim050182@mail.ru

Azhar Kamzina, candidate of technical Sciences, associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, azhar0330kad@mail.ru

UDC 656.2

INFORMATIZATION OF JOINT STOCK COMPANY «NATIONAL COMPANY «KAZAKHSTAN TEMIR ZHOLY» BASED ON SYSTEMS OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF BUSINESS PROCESSES

Abstract. The significant growth of Kazakhstan's economy in recent years, against the backdrop of a high degree of depreciation of fixed assets, has exhausted the resources of the railway industry. This largely explains the critical assessment of the competitiveness of Kazakhstan's transport infrastructure. According to the international competitiveness rating on the quality of roads, Kazakhstan ranks 109 th, the state of the railway-39 th, the infrastructure of ports-88 th, airports-92 nd. According to the global competitiveness index, Kazakhstan's transport infrastructure as a whole ranks 73 rd in the world (GIC indicator for 2017-2018, world economic forum). It should be noted that the competitiveness indicator reflects not only a direct comparison of countries in absolute physical and economic parameters, but also to a greater extent gives an assessment of the degree of qualitative changes, existing trends, the nature of development.

To serve the transport clientele, transport and logistics centers, international centers of cross-border cooperation, information systems for the transportation process, cargo processing and logistics service are created.

Transport enterprises and organizations, companies that use in their practice modern and advanced control automation systems achieve greater manufacturability of the transportation process, stability and competitiveness, including in the field of export of transport services. In the conditions of dynamic development of the country's economy and increasing demand for export transport services in the world to offer competitive, more favorable conditions to current and potential customers is an important and solvable task.

Thus, the organization of transportation on the basis of advanced control automation systems is an urgent problem.

Keywords: improving the efficiency of the transport system, Informatization of the transport industry, means of effective management of business processes

The strategic development program of Joint stock Company «National Company «Kazakhstan Temir Zholy» (JSC «NC «KTZ») requires increasing the efficiency of the transport system in all areas, and especially management efficiency. Among the priority tasks of the development of the

National Company should include increasing the profitability and financial stability of transport enterprises by limiting the growth of costs and improving the quality of operations. For this, it is necessary to use modern means of system information architecture, which, along with management automation tools

(ERP-systems), contains information platforms for providing support for solutions with a set of relevant business intelligence tools - Business Intelligence (BI) and effective business process management systems - Business Performance Management (BPM).

It is known that the objective of the Unified corporate automated financial and resource management system project is the transition from solving primarily accounting problems to solving management problems. The developed road information systems accumulate a large amount of relevant information necessary for solving management problems. The problem is that top managers do not work with this information directly. Today, one of the main tasks of informatization of the industry is the active use of modern business management tools based on the use of information resources that accumulate in road systems. The use of information resources to improve the efficiency of financial and economic activities of JSC «NC «KTZ» can be productive if there are means of effective management of business processes that are proven by practice.

Any management concept is as good as it allows you to solve the pressing problems of a real business. In the 1980s the main means were databases and data banks. In the 1990s The mission of a single and universal tool began to be assigned to enterprise resource management systems - Enterprise Resource Planning (ERP). These systems are essentially tactical level systems and are primarily intended for operational management. Therefore, they do not solve all tasks of a tactical nature and are not at all intended for solving strategic tasks [1-2].

Today, the global business community has approached the implementation of a special class of management systems - business performance management systems (BPM). This is the next stage in the development of IT tools, systems and tools.

In the 1990s reengineering and ERP systems replaced the data banks, but not discarding them, but using methods and

means of working with data. Now the BPM approach, complementing the system capabilities of ERP-systems, provides more efficient work of organizations not only on the tactical, but also on the strategic level.

The BPM approach forms a completely new system platform. It integrates not only and not primarily IT tools and means, but also the human potential in the field of work and management, where new requirements are presented to it. This is the main distinguishing feature of the new approach from the previous stages of using IT tools and systems.

Business Performance Management, or «business performance management», does not replace existing planning, management, and analysis methods. Moreover, BPM does not set such a goal. Its goal is to create a mechanism (or, one might say, a managerial environment) that allows the company to quickly master and effectively use existing management methods - those that are currently most effective in terms of the global goals of the corporation.

BPM is a set of integrated cyclic management and analysis processes, as well as related technologies related to both financial and operational activities of an organization. BPM allows enterprises to determine strategic goals, and then evaluate the effectiveness of their activities in relation to these goals and manage the process of achieving these goals.

Key BPM processes are associated with the implementation of the organization's strategy and include financial and operational planning, consolidation and reporting, modeling, analysis and monitoring of key performance indicators.

According to the estimates of the reputable consulting company in the field of information technology Gartner Group, in 2010 up to 60% of the 2000 largest world companies using BPM systems should have gained a competitive advantage precisely due to these systems. BPM technology will become the main driving force of this process, as suppliers of enterprise resource planning systems (ERP systems), as well as BPM

system vendors with experience in planning and financial management, are expanding their software product line.

The concept of BPM is based on the idea of a management cycle consisting of the phases of strategy, planning and control (Figure 1) [3-4].

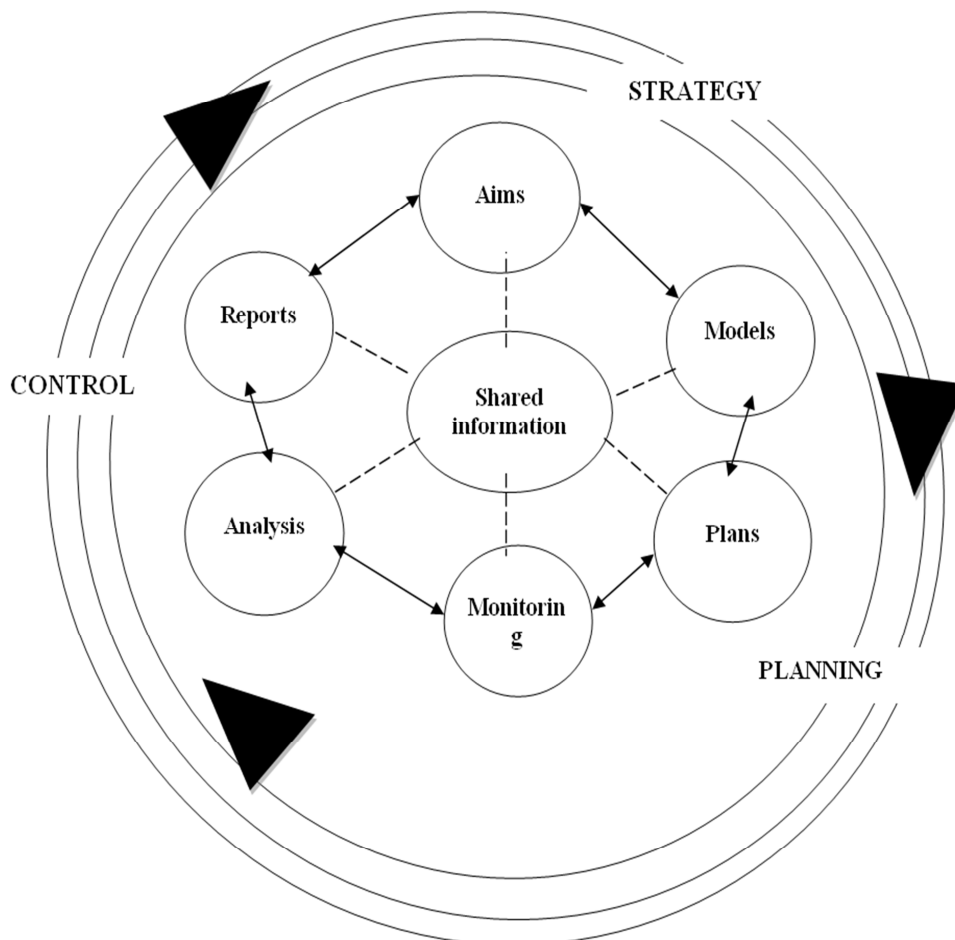


Figure 1 - The control cycle in the BPM system
Рисунок 1 - Цикл управления в системе BPM

The control cycle provides for:

- definition of development goals;
- Modeling factors to achieve these goals and existing constraints;
- planning of actions leading to the achievement of goals;
- continuous monitoring, allowing you to monitor the status of key performance indicators and their deviation from the plan;

- analysis of the results achieved;
- preparation of financial and management reporting, helping managers make economically sound decisions.

The systematic approach of BPM can be represented in the form of an information architecture (Figure 2).

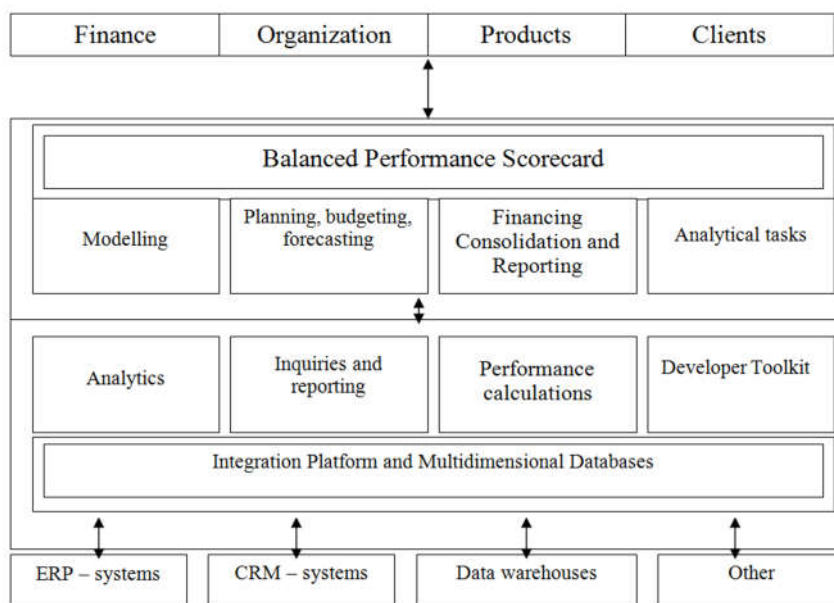


Figure 2 - Typical BPM Architecture
Рисунок 2 - Типичная архитектура BPM

From the idea of a continuous control cycle, the functionality of the information system of the BPM class logically follows. At the same time, the modern concept of corporate information systems involves the use of business intelligence tools, which include various tools and technologies for analyzing and processing data across the enterprise. From the idea of a continuous control cycle, the functionality of the information system of the BPM class logically follows. At the same time, the modern concept of corporate information systems involves the use of business intelligence tools, which include various tools and technologies for analyzing and processing data across the enterprise.

Among BI-systems, we can distinguish such components as data warehouses (Data Warehouse), data marts (Data Marts), tools for on-line analytical processing (On-Line Analytical Processing, OLAP), and data mining tools (Data Mining). They carry out the process of intellectual analysis of large

data in order to identify hidden patterns and systematic relationships between variables that will be useful in the future.

Various types of information resources, shown in Figure 2, form a BI platform at the entrance, the basis of which is subject-oriented, integrated, stable, chronological datasets organized for management support purposes, designed to act as a single and unique source providing managers and analysts with reliable information necessary for operational analysis and decision making.

Conclusion. The value of data warehousing for managers and economists is that it is a kind of corporation-wide database that contains certain analytical information, provides its prompt presentation in a user-friendly form, and has a structure that takes into account the industry-specific nature of the organization. However, the data contained in storages, as a rule, are not sufficiently accessible for processing in real time, especially with large amounts of information.

REFERENCES

- [1] Analys mejdunarodnogo opyta reformirovaniya jeleznodorojnogo transporta [In Russian: Analysis of international experience in railway transport reform] /guryevandrey. narod.ru/artikals /Analiz 2005. html.doc. - P. 10.

- [2] «О выявлении недостатков, связанных с организацией движения поездов, в части согласования перевозок I оформлены перевозок грузов, в том числе с применением безбумажных технологий» [In Russian: About identification of shortcomings related to the organization of train traffic, in terms of coordination of transportation and registration of cargo transportation, including the use of paperless technologies] Аналитический доклад. Евразийская экономическая комиссия М. 2019. – С. 15.
- [3] Kubayev E. Effectivnoe upravlenie gosudarstvom [In Russian: Effective public administration] - Almaty, Kazakh University, 2006. – P. 218.
- [4] Sidorov O. Perehod ot centralizovannoi sistemy upravleniya k decentralizacii [In Russian: Transition from a centralized management system to decentralization] //Gazeta.kz. 2003.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анализ международного опыта реформирования железнодорожного транспорта//guryevandrey.narod.ru /artikals/Analiz 2005. html.doc. - С. 10.
- [2] «О выявлении недостатков, связанных с организацией движения поездов, в части согласования перевозок и оформления перевозок грузов, в том числе с применением безбумажных технологий» Аналитический доклад. Евразийская экономическая комиссия.- М.: 2019. – С. 15.
- [3] Кубаев К.Е. Эффективное государственное управление. – Алматы, Қазақ университеті, 2006. – С. 21-28.
- [4] Сидоров О. Переход от централизованной системы управления к децентрализации.//Gazeta.kz. 2003.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ АО «НК «ҚТЖ» НА БАЗЕ СИСТЕМ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ

Муслим Нурымович Айкумбеков, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, muslim050182@mail.ru

Ажар Даулетбаевна Камзина, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, azhar0330kad@mail.ru

Аннотация. Транспортные предприятия и организации, компании, использующие в своей практике современные и перспективные системы автоматизации управления достигают большей технологичности перевозочного процесса, стабильности и конкурентоспособности, в том числе и в сфере экспорта транспортных услуг. В условиях динамичного развития экономики страны и увеличения спроса на экспортные транспортные услуги в мире предложить конкурентные, более выгодные условия нынешним и потенциальным клиентам важная и решаемая задача.

Таким образом, организация перевозок на основе перспективных систем автоматизации управления является актуальной проблемой.

Ключевые слова: повышение эффективности деятельности транспортной системы, информатизация транспортной отрасли, средства эффективного управления бизнес-процессами.

БИЗНЕС-ҮРДІСТЕРДІ ТИІМДІ БАСҚАРУ НЕГІЗЕНДЕГІ «ҚТЖ» ҰК» АҚ АҚПАРАТТАНДЫРУ

Муслим Нурымович Айкумбеков, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, muslim050182@mail.ru

Ажар Даулетбаевна Камзина, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, azhar0330kad@mail.ru

Андатпа. Өз тәжірибесінде басқаруды автоматтандырудың заманауи және перспективалық жүйелерін пайдаланатын көлік кәсіпорындары мен ұйымдары, компаниялар тасымалдау процесінің үлкен технологиялығына, тұрақтылығы мен бәсекеге қабілеттілігіне, оның ішінде көлік қызметтерін экспорттау саласында да қол жеткізеді. Ел экономикасының қарқынды дамуы және экспорттық көлік қызметтеріне сұраныстың артуы жағдайында әлемде қазіргі және әлеуетті клиенттерге бәсекелі, неғұрлым тиімді шарттарды ұсыну маңызды және шешілетін міндет.

Осылайша, басқаруды автоматтандырудың перспективалық жүйелері негізінде тасымалдауды ұйымдастыру өзекті проблема болып табылады.

Түйін сөздер: көлік жүйесі қызметінің тиімділігін арттыру, көлік саласын ақпараттандыру, бизнес-үрдістерді тиімді басқару құралдары.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.184-190

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF PASSENGER TRANSPORT IN KAZAKHSTAN

Sapar Kabikenov, Cand.SC.(Tech), associate professor, Karaganda state technical University, Karaganda, Kazakhstan, sapargk@mail.ru

Tagjan Ualihan, master student, Karaganda state technical University, Karaganda, Kazakhstan, tokitok_94@mail.ru

Batyrbek Musabaev, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, musabaev-54@mail.ru

Abstract. One of the main characteristics of the development of the national economy is a steady increase in the role of the transport and communication complex. Today, the share of transport is almost a tenth of Kazakhstan's GDP. This means that the transport industry is not only a means of transporting an ever-increasing flow of domestic and transit cargo and passengers, but also a source of significant income for the state.

The focus of the industry stems from the long-term goals articulated in the President's address N. And. Nazarbayev to people of Kazakhstan Strategy «Kazakhstan-2050»: «The Goal of Kazakhstan is to ensure the competitiveness of the domestic transportation-communication complex on the world market and increase trade flows through our territory», where the Head of state seeks the maximum use of domestic transit potential, given the favorable geographical location of the country.

In this regard, approved the Transport strategy of Kazakhstan until 2018, the Concept of state transport policy of the Republic of Kazakhstan for the period till 2010, as well as the Concept of development of international transport corridors, which suggest the country's integration into the European and Asian subregional transport corridors with access to many of the States major ports, transportation hubs and terminals.

Road transport plays an important role in the transport and communication complex of the country, being the most common and mobile means of delivery of passengers and goods. It accounts for 65-70 % of the total volume of cargo and passengers.

Road transport is characterized by: high maneuverability and speed; no alternative for transportation in intra-urban, suburban and rural communications; the possibility of transportation from "door to door"; practical participation in all types of combined and multimodal transportation; relatively low capital intensity.

Keywords: transport, passenger transport, cargo turnover, passenger transport services, passenger turnover.

ӘОЖ 629.014.6

С.Ж. Кабикенов¹, Т.У. Уәлихан¹, Б.К. Мусабаев²

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университет, Қарағанды қ., Қазақстан

²М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖОЛАУШЫЛАР КӨЛІГІНІҢ ДАМУ ТЕНДЕНЦИЯСЫ

Аңдатпа. Бұл мақала Қазақстандағы жолаушылар көлігінің даму үрдістеріне арналған. Сонымен қатар көлік кәсіпорындарының санына, Қазақстандағы жолаушылар көлігі қызметтерінің көлеміне, жылжымалы құрамның болуына, сондай-ақ республиканың жолаушылар көлігінің көлік қызметтерін дамытудың негізгі бағыттарына талдау жасалды.

Түйін сөздер: көлік, жолаушылар көлігі, жүк айналымы, жолаушы айналымы, жолаушыны көлікпен тасымалдау қызметі.

Қазіргі заманғы әлемдік өнімінде - 4-5%, дамушы елдерде-10-12%. экономикада көліктің үлесі шамамен 6% - Көлікте әлемдік жұмыс күшінің 3-9% ды құрайды. Дамыған елдердің жалпы ішкі жұмыс істейді. Дамыған экономикаларда

бір тұрғынға орташа есеппен 22-25 тонна өнім өндіріледі, дамушы елдерде - екі есе аз. Қоғамдық өнімнің әрбір тоннасы теңіз тасымалын қоса алғанда, көліктің 860-900 тонналық-километрін талап етеді. Көлік жүйесі-тасымалдарды орындау кезіндегі өзара іс-қимылға байланысты болатын әртүрлі көлік түрлерінің кешені. Әдетте «көлік жүйесі» термині мемлекетке, аймаққа немесе ірі қалаға қатысты қолданылады.

Көлік жүйесінің элементтері де:

- әртүрлі қалаларда жеке жұмыс істейтін көліктің әртүрлі түрлерінің (метрополитен, трамвай, троллейбус, автобус және басқалар) кешені болып табылатын қалалық көлік;

- өнеркәсіптік көлік, оған өнеркәсіптік, құрылыс, сауда және басқа кәсіпорындар мен ұйымдардың ішкі қажеттіліктеріне тікелей қызмет көрсететін көліктің барлық түрлері жатады. Өнеркәсіптік және қалалық көлік түсінігі жинағыш өнеркәсіптік және қалалық көлік технологиялық және әкімшілік-ұйымдастырушылық қатынастарда ел ауқымында біртұтас өзара байланысты шаруашылық ретінде болмайды. Әрбір ірі кәсіпорында және әрбір қалада ішкі өндірістік және жеке қалалық көлік басқа кәсіпорындар мен басқа қалалардағы

осындай көлік түрлеріне қарамастан әрекет етеді.

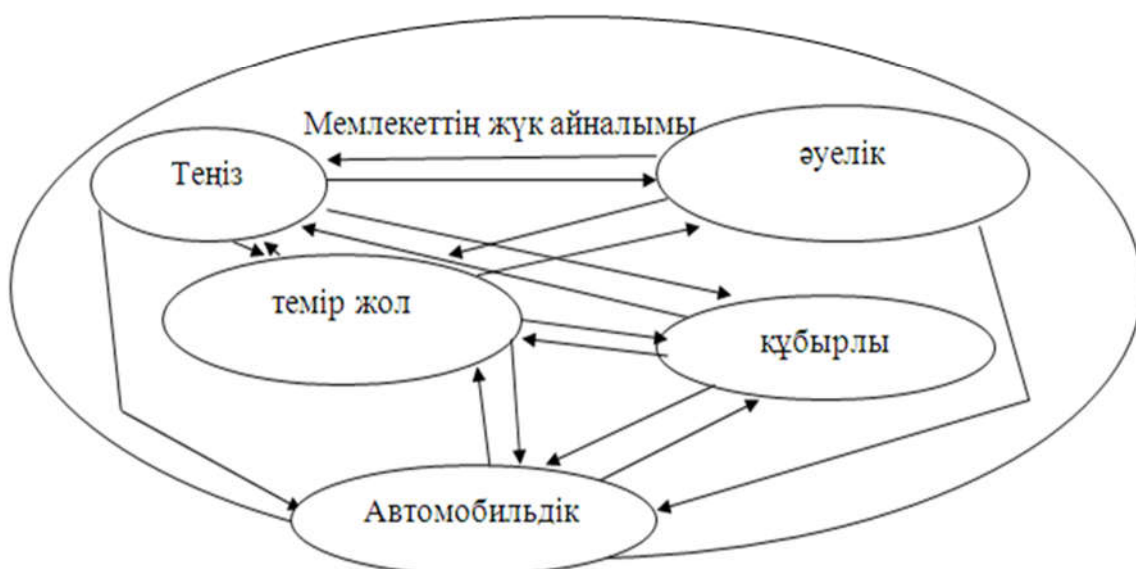
«Бірыңғай көлік жүйесі» - көліктің барлық түрлерінің әлеуметтік-экономикалық бірлігін көрсететін ұғым.

Көлік желісі - елдің немесе жеке өңірдің елді мекендерін байланыстыратын барлық қатынас жолдарының жиынтығы. «Бірыңғай көлік желісі» ұғымы әлеуметтік-экономикалық бірлікті және әртүрлі қатынас жолдарының өзара іс-қимылын көрсетеді.

Техникалық - экономикалық жоспарда көлік желісі белгілі бір аумақтың немесе тұтас елдің әлеуметті көліктік қызмет көрсету деңгейін және көлік қуатын сипаттайтын маңызды элементтердің бірі болып табылады.

Жалпы пайдаланымдағы көлік-қолданыстағы Заң ережелеріне сәйкес жүктер мен жолаушыларды тасымалдауды жүзеге асыруға тиіс, олар кіммен ұсынылмаса да: мекемемен мемлекеттік кәсіпорынмен, қоғамдық ұйыммен немесе жеке тұлғамен.

Жалпы пайдаланымдағы көлікке: темір жол, теңіз, өзен, автомобиль, әуе, сондай-ақ қалалық қоғамдық көліктің барлық түрлері жатады. Көлік түрлерінің өзара әрекеттесуі 1-суретте көрсетілген [1-2].



1-сурет. Көлік түрлерінің өзара іс-қимылы
Figure 1 - interaction of transport modes

Қоғамдық көлік жүйесі жолаушылар көлігі ұйымдарымен (автобустармен, трамвайлармен, троллейбустармен), сондай-ақ коммерциялық көлік кәсіпорындарымен ұсынылған. 1-кестеде қызмет түрлері бойынша көлік кәсіпорындарының саны көрсетілген.

1-кестеден көлік кәсіпорындарының жалпы саны өсуде. 2016 жылы 1817

кәсіпорын болса, 2018 жылы 10,3% - ға өсті, бұл 2005 кәсіпорынды құрады. Көлік түрлерінің арасында кәсіпорындардың басым бөлігі автобустық көлік түріне жатады – 347 кәсіпорын және жүк автомобиль көлігі кәсіпорындары – 1252 бірлік, бұл тиісінше кәсіпорындардың барлық санының 17,3% және 62,4% - ын құрайды.

1-кесте Қазақстан Республикасындағы көлік кәсіпорындарының санын талдау
Table 1 - analysis of the number of transport enterprises in the Republic of Kazakhstan

Көрсеткіштер	2016 ж.		2017 ж.		2018 ж.	
	Саны	%	Саны	%	Саны	%
Көлік кәсіпорындарының жалпы саны	1817	100	1 968	100	2 005	100
темір жол	11	0,6	19	0,9	14	0,7
автобус	346	19	345	17,5	347	17,3
такси	85	4,6	83	4,2	77	3,8
троллейбус	1	0,06	1	0,05	2	0,09
трамвай	17	0,9	9	0,5	4	0,2
жүк автомобилі	1 125	61,9	1 240	63	1 252	6,4
құбыр	8	04	7	04	6	03
теңіз	13	07	13	0,7	13	0,6
ішкі су	19	1,0	20	1,0	18	0,9
әуе	27	1,5	20	1,0	24	1,2
Ескерту-автордың көзі бойынша жасаған [2]						

Көлік қызметтерін дамыту жолаушыларды тасымалдау қызметтерінің серпінімен, атап айтқанда, көліктің барлық түрлерімен орындалатын жолаушылар тасымалдарының көлемі, көлік түрлері бойынша жылжымалы құрамның саны

сияқты көрсеткіштердің серпінімен сипатталады. 2016-2018 жылдардағы Қазақстандағы көлік арқылы жолаушылар тасымалдау қызметтері көрсеткіштерінің осы көлемдерінің динамикасы 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте Қазақстанда 2016-2018 жылдары жолаушыларды тасымалдау қызметтерінің көлемін талдау

Table 2 - analysis of the volume of passenger transportation services in Kazakhstan for 2016-2018

Көрсеткіштер	2016 ж.	2017 ж.	2018 ж.	2018 ж. / 2017 ж.
Тасымалданған жолаушылар, млн. адам	22 332,8	22 744,7	23 013,0	101,1
темір жол	23,1	22,9	23,1	101,8
автомобиль	22 239,4	22 643,6	22911,5	101,2
электр	64,2	70,8	70,7	99,8
ішкі су	0,1	0,06	x	-

әуе	6,0	7,4	7,6	102,7
теңіз	-	-	x	-
Жолаушылар айналымы, млн. пкм	266 784	273 193	281 484	103,0
темір жол	17 914	18 222	18 562	101,9
автомобиль	237 194	240 074	247 474	103,1
электр	362	513	458	89,3
ішкі су	1,2	0,7	x	-
әуе	11 313	14 384	14 990	104,2
теңіз	-	-	x	-
Ескерту-автордың көзі бойынша жасаған [2]				

2-кестеден Қазақстанда тасымалданған жолаушылар саны өсуде. Мәселен, егер 2016 жылы 22332,8 млн. адам мөлшерінде жолаушылар тасымалданған болса, 2018 жылы 680,2 млн. адамға ұлғайған, бұл 23013 млн. адамды құрады, оның 22911,5 млн. адамы автомобиль көлігіне келеді, бұл тасымалданған халықтың барлық санының 99,6% құрады. Бұл ретте жолаушылар айналымы да 6%-ға артты, бұл 281484 млн. ж-км құрады.

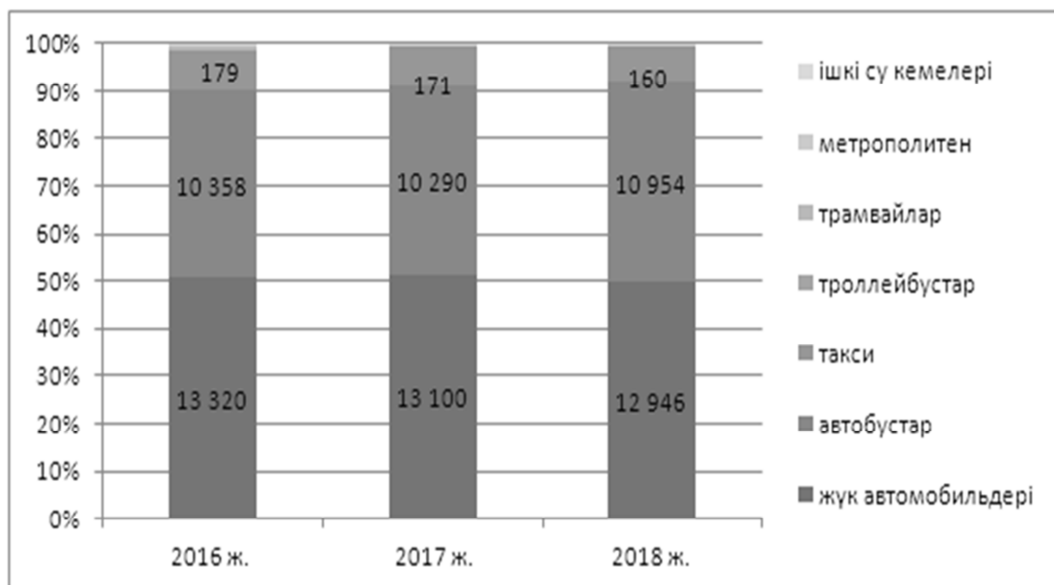
Көліктің әрбір түрі өз функциясын күрделі техникалық жаратандыру немесе тасымалдау процесіне тікелей және жанама қатысатын техникалық құралдар кешенінің көмегімен орындайды. Көлік құралдары шартты түрде екі негізгі санатқа бөлінеді:

1. барлық жабдықтары бар тұрақты құрылыстар мен жолды қамтитын тұрақты құралдар.

2. жолаушылар тасымалын тікелей жүзеге асыратын барлық белсенді және пассивті бірліктер жататын жылжымалы құрам. Көліктің жылжымалы құрамының болуы 2-суретте көрсетілген.

2-суретте көліктің жылжымалы құрамының жалпы саны ұлғайып отырғанын көруге болады. Егер 2017 жылы саны 25626 бірлікті құраса, 2018 жылы саны 26033 бірлікті құрады. Өскені 407 бірлікке немесе 1,6% - ға, автобустардың 6,4% - ға ұлғаюы есебінен болды. Көліктің жылжымалы құрамының басқа түрлері бойынша жүк автомобильдері, такси, сондай-ақ ішкі су кемелері бойынша да төмендеу байқалады. Бұл төмендеу тиісінше 1,2%; 4,5%; 6,5% құрады [3-6].

Осылайша, автобус көлігінің ұлғаюына қарамастан, Қазақстанда жүк автомобильдерінің, таксидің, ішкі су кемелерінің жеткіліксіз саны қорытынды жасауға болады.



	2016 ж.	2017 ж.	2018 ж.
Жүк автомобильдері	13 320	13 100	12 946
автобустар	10 358	10 290	10 954
такси	2 252	2 065	1 973
троллейбустар	x	x	x
трамвайлар	170	x	x
метрополитен	x	x	x
ішкі су кемелері	179	171	160
барлығы	26279	25626	26033
Ескерту-автордың көзі бойынша жасаған[2]			

2- сурет Көліктің жылжымалы құрамының болуы
Figure 2 -Availability of transport rolling stock

Осыған байланысты осы кезеңде, біріншіден, ішкі көлік инфрақұрылымын жедел дамытуға және екіншіден, сыртқы саладағы инфрақұрылымдық, институционалдық-ұйымдастырушылық және құқықтық шешімдерді дәйекті және бұлжытпай ілгерілетуге біртұтас жән одан да көп акциялық тәсілді іске асыру талап етіледі.

Бұл тұрғыда республиканың көлік қызметін одан әрі дамытудың бірқатар негізгі бағыттарын бөліп көрсету өзекті болып отыр.

1. Көлік құралдарының өткізу қабілетін және/немесе қозғалыс жылдамдығын төмендететін тар жерлерді, олардың халықаралық нормалар мен

талаптарға сәйкестігін, жаңа технологияларды енгізу, жаңғырту және кейіннен жұмыс жағдайында ұстау қажеттігін анықтау үшін Қазақстан Республикасының шекарасындағы магистральдық желілер мен өту пункттерінің техникалық жай-күйіне қосымша талдау жүргізу қажет.

2. Көлік инфрақұрылымын жаңғыртуды жеделдету мақсатында қазіргі заманғы жаңа көлік құралдарын сатып алуға көлік құралдарын жаңартуды ынталандыру бойынша отандық көлік ұйымдарын қолдау шараларын әзірлеуді жүргізу талап етіледі. Бұл көлік құралдарының қолданыстағы паркін қазіргі заманғы, қауіпсіз, оның ішінде

экологиялық үнемді көлік түрлеріне жедел ауыстыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

3. Бүгінгі таңда жол бойындағы инфрақұрылымды одан әрі жедел дамыту да өзекті болып табылады, ол магистральдық маршруттар бойынша транзиттік қозғалыстың барлық жолында сервистік кәсіп орындардың оңтайлы орналасуын және санын, оларды халықаралық ережелердің стандарттары мен талаптарына сәйкес ұйымдастыруды, сондай-ақ қызметтерді ұсынудың жоғары сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

4. Республика шекарасынан өткен кезде есірткіні, тыйым салынған бұқаралық басылым құралдарын, заңсыз көші-қонды анықтаудың қазіргі заманғы және біртегізде неғұрлым оңайлатылған

жүйесін құру өзекті. Бұл жүйе осындай жүктер мен жолаушыларды анықтаудың қазіргі заманғы технологияларын пайдалану, сондай-ақ елдерге, жүктерді жөнелтудің Шығыс пунктіне байланысты қабылданатын шараларды саралау тетігін енгізу қағидаттарында құрылуы тиіс.

Қорытынды: Бұл жүктердің сақталуы мен адамдардың өмірін қорғауды қамтамасыз етудің қазіргі заманғы технологияларын енгізу, көлік кәсіпорындарының техникалық жай-күйі мен жұмыс режимін бақылау, тасымалдаушыларға қатысты олардың қызметкерлерінің заңсыз іс-әрекеттері бойынша бақылаушы органдардың жауапкершілігін сақтау, көлік қауіпсіздігі жүйесін халықаралық нормалар мен талаптарға сәйкес келтіру тұрғысынан қажет.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Можарова В.В. Транспорт в Казахстане: современная ситуация, проблемы и перспективы развития. – Алматы: КИСИ при Президенте РК, 2011. – 216 с.
- [2] Статистические данные Комитета по статистике Министерства Национальной экономики Республики Казахстан // www.stat.gov.kz
- [3] Бекмагамбетов М.М. Автомобильный транспорт Казахстана: этапы становления и развития. – Алматы: НИИ ТК, 2004. – 216 с.
- [4] Бекмагамбетов М., Смирнова С. Транспортная система Республики Казахстан: современное состояние и проблемы развития. – Алматы: НИИ ТК, 2006.
- [5] Бекмагамбетов М. и др. Транспортная система Республики Казахстан (Современное состояние и проблемы развития) – Алматы: Print, 2006. – 447 с.
- [6] Акчурин А.Г. Современная автотранспортная техника (тенденции, анализ и прогноз мирового развития): – Алматы, 2009, 392 с.

REFERENCES

- [1] Mojarova V. Transport v Kazakhstane: sovremennaya situashia, problem I perspektivy razvitia. – Almaty: KISI pri Prezidente RK, 2011. – 216 P.
- [2] Statisticheskie dannye Komiteta gj statiatike Ministerstva Nachionalnoi ekenomiki Respubliki Kazakhstan // www.stat.gov.kz
- [3] Bekmagambetov M.M. Avtomobilnyi transport Kazakhstana: etapy stanovleniya I razvitiya. – Almaty: NII TK, 2004. – 216 P.
- [4] Bekmagambetov M.M. Transportniya sistema Respubliki Kazakhstan: sovremennoe sostoyanie I problem razvitiya. – Almaty: NII TK, 2006. – 447 P.
- [5] Akchurin A.G. Sovremennaya avtotransportnaya tehnika(tendenshii, analiz I prognoz mirovogo razvitiya): – Almaty, 2009, 392 P.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖОЛАУШЫЛАР КӨЛІГІНІҢ ДАМУ ТЕНДЕНЦИЯСЫ

Кабикенов Сапар Жомартович, к.т.н., доцент, «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының меңгерушісі, Қарағанды мемлекеттік техникалық университет, Қарағанды қ., Қазақстан, sapargk@mail.ru

Уәлихан Тоғжан Уәлиханқызы, магистрант Қарағанды мемлекеттік техникалық университет, Қарағанды қ., Қазақстан, kokitok_94@mail.ru

Мусабаев Батырбек Калабаевич, «Көліктегі логистика» кафедрасының профессоры, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, musabaev-54@mail.ru

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА КАЗАХСТАНА

Кабикенов Сапар Жомартович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Транспортная техника и логистические системы», Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, saragk@mail.ru

Уәлихан Тоғжан Уәлиханқызы, магистрант Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда, Казахстан, tokitok_94@mail.ru

Мусабаев Батырбек Калабаевич, профессор кафедры «Логистика на транспорте», Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, musabaev-54@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена тенденции развития пассажирского транспорта в Казахстане. При этом приводится анализ количества предприятий транспорта, объемов услуг перевозки пассажиров транспортом в Казахстане, наличие подвижного состава, а также приводятся основные направления развития транспортных услуг пассажирского транспорта республики.

Ключевые слова: транспорт, пассажирский транспорт, грузооборот, услуг перевозки пассажиров транспортом, пассажирооборот.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.190-196

ORGANIZATION OF TRANSPORTATIONS AND MANAGEMENT ON TRANSPORT

Batyrbek Musabaev, Dr.Sci.(Eng.), Professor KazATK, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; musabaev-54@mail.ru

Zhumazhan Zhanbirov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; Janbirov_jg@mail.ru

Asem YEbesova, assistant teacher, Kazakh Academy of transport and communication named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; A.ebesova@mail.ru

Abstract. The transport industry is one of the drivers of economic growth in Kazakhstan and has a great potential for development. Today, the transport sector accounts for 8.2% of Kazakhstan's GDP. At the end of 2019, the industry's growth rate was 5.1%. More than 640 thousand people work in this sphere in the Republic.

On the other hand, transport is an important part of the world economy, as it is a material carrier between States. The specialization of States and their comprehensive development are impossible without a transport system. The transport factor affects the placement of production, without taking it into account, it is impossible to achieve a rational placement of productive forces. When placing production, the need for transportation, the mass of raw materials of the finished product, their transportability, availability of transport routes, their capacity, etc. are taken into account.

The road transport industry is one of the most accessible industries in terms of property privatization. Buying one or more cars for private or collective use is not as difficult and expensive as a large manufacturing company. In road transport, there are two forms of transport organization: decentralized and centralized. In case of decentralized transportation, consignees order rolling stock from road transport companies independently and organize the export of cargo for their enterprises without agreeing on the order of transportation with shippers (cargo suppliers). Cargo recipients independently perform loading and unloading operations, having a certain staff of loaders, freight forwarders and supply agents for this purpose. The advantages of decentralized transportation is that it increases the timeliness and reliability of the needed transport deficiencies – to reduce the use of rolling stock due to the fact that the organization of the transportation process involved the consignees, and not a trucking company, the number of movers and forwarders, increases waste, increases the cost of transportation, etc .

Keywords: transportation organization, management, transportation industry, centralized transportation, logistics system.

УДК 65.012

Б.К. Мусабаев¹, Ж.Г. Жанбирова¹, А.Б. Ебесова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В данной статье изучена транспортная отрасль Республики Казахстан. Был проведен широкий анализ автотранспортного хозяйства, приведен справочник централизованных перевозок. Описаны основные его признаки, обозначены положительные эксплуатационные стороны.

Ключевые слова: организация перевозок, управление, транспортная отрасль, централизованные перевозки, логистическая система.

Транспортная отрасль выступает одним из драйверов экономического роста Казахстана и имеет большой потенциал развития. На сегодня транспортный сектор занимает 8,2% в ВВП Казахстана. По итогам 2019 года темпы роста отрасли составили 5,1%. В этой сфере в республике работают свыше 640 тысяч человек.

С другой стороны, транспорт — важная составная часть мировой экономики, так как является материальным носителем между государствами. Специализация государств, их комплексное развитие невозможны без системы транспорта. Транспортный фактор оказывает влияние на размещение производства, без его учета нельзя достичь рационального размещения производительных сил. При размещении производства учитывается потребность в перевозках, масса исходных материалов готовой продукции, их транспортабельность, обеспеченность транспортными путями, их пропускная способность и т.д.[1]

Исследовательская часть. В зависимости от влияния этих составляющих и размещаются предприятия. Большое значение транспорт имеет и в решение социально-экономических проблем. Обеспеченность территории хорошо развитой транспортной системой служит одним из важных факторов привлечения населения и производства, является важным преимуществом для размещения производительных сил и дает

интеграционный эффект. Специфика транспорта как сферы экономики заключается в том, что он сам не производит продукцию, а только участвует в ее создании, обеспечивая производство сырьем, материалами, оборудованием и доставляя готовую продукцию потребителю. Транспортные издержки включаются в себестоимость продукции. По некоторым отраслям промышленности транспортные издержки очень значительны, как, например, в лесной, нефтяной отраслях промышленности, где они могут достигать 30% себестоимости продукции [2].

Автотранспортная отрасль является одной из наиболее доступных отраслей с точки зрения приватизации собственности. Купить один или несколько автомобилей в частное или коллективное пользование, не столь сложно и дорого, чем крупное производственное предприятие. На автомобильном транспорте различают две формы организации перевозок — децентрализованные и централизованные. При децентрализованных перевозках грузополучатели заказывают подвижной состав в автотранспортных предприятиях самостоятельно организую вывоз груза для своих предприятий без согласования очередности перевозок с грузоотправителями (поставщиками грузов). Получатели грузов самостоятельно выполняют погрузочно-разгрузочные работы, имея для этого определенным штат грузчиков, экспедиторов и агентов по снабжению[3].

Основными признаками централизованных перевозок грузов являются:

- выполнение перевозок грузов с полным транспортно-экспедиционным обслуживанием;
- выполнение поставщиком, как правило, всего объёма перевозок по закреплённой клиентуре;
- заключение договора на перевозку груза по отправительскому принципу;
- строгое распределение обязанностей между клиентурой и автотранспортным предприятием;
- осуществление всех расчетов за перевозки со стороны, заключившей договор.

При централизованных перевозках грузов обязанности сторон распределяются: погрузка грузов на заводах, складах и базах осуществляется поставщиком, транспортирование грузов и их экспедирование – транспортным предприятием, выгрузка грузов – грузополучателем.

Преимущества централизованных перевозок грузов [4]: улучшается использование подвижного состава автомобильного транспорта за счёт сокращения простоев в пунктах погрузки и выгрузки грузов, увеличения продолжительности работы, увеличения коэффициента использования пробега и грузоподъёмности; улучшается экспедирование грузов и упрощается документация на отпуск и получение грузов и оплату за перевозки; расчёты с автотранспортным предприятием производит поставщик грузов, которому разрешается включать стоимость транспортирования, погрузки и экспедирования в счета за отпускаемую продукцию; сокращается число обслуживающего персонала, необходимого для организации перевозок в результате уменьшения числа экспедиторов, так как экспедирование грузов осуществляют водители, за исключением перевозок особо ценных грузов; создаются условия для укрупнения отправок грузов и применения

автопоездов, комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ и специализированного подвижного состава; появляется возможность постоянного улучшения перевозочного процесса.

Результаты исследования.

Автотранспортное предприятие, выступая в роли организатора централизованных перевозок, оказывает постоянное влияние на поставщиков и получателей грузов в вопросах улучшения состояния подвижных путей, механизации погрузочно-разгрузочных работ, более рациональном складировании грузов, лучшей подготовки грузов к перевозке; увеличивается производительность труда водителей за счёт работы на одних и тех же маршрутах и перевозки одних и тех же грузов; сокращается продолжительность процесса перевозки грузов; снижается себестоимость транспортирования и др.

К недостаткам организации централизованных перевозок грузов следует отнести снижение надёжности перевозок для некоторых «невыгодных» потребителей и необходимость, в некоторых случаях, изменения порядка сбытовых организаций. Для организации централизованных перевозок грузов необходима подготовительная работа, которая заключается в изучении размера грузопотока, его структуры, особенности перевозок грузов, состояния подъездных путей, средств механизации погрузочно-разгрузочных работ, выборе наиболее рационального типа подвижного состава, выявлении способов увеличения коэффициента использования пробега, определении методов оперативного планирования и управления перевозок и др. В последние годы совершенствование централизованных перевозок грузов на автомобильном транспорте идёт по пути развития бригадной формы организации труда водителей – создаются комплексные бригады, комплексно-механизированные бригады, бригадный подряд, сквозной бригадный подряд и др. Бригада представляет собой такое объединение работников, при котором каждый

добровольно признает над собой власть их собственного объединения. Объем работ (перевозок) определяется в договоре с администрацией автотранспортного предприятия. Никто не может включать в бригаду или исключать из неё работника без согласия на то всего коллектива или совета бригады [5].

Отличительные особенности бригадного подряда: заработная плата распределяется всем членам бригады поровну (пропорционально отработанному времени), за исключением надбавки за классность; расходы бригаде водителей планируются по следующим статьям – зарплата с начислением, топливо, смазочные материалы, износ и ремонт шин, текущий ремонт и техническое обслуживание автомобилей; при невыполнении бригадой суточного задания перевозок грузов ей уменьшают сумму прибыли пропорционально сумме доходов, падающих на невыполненный объём перевозок грузов; при невыполнении бригадой плана перевозок по вине автотранспортного предприятия её возмещается постоянная прибыль, а заказчику выплачивается штраф в размере 20% стоимости доставки не вывезенного груза у поставщика или допущенных по его вине сверхнормативных простоев подвижного состава под погрузкой им выплачивается штраф автотранспортному предприятию в размере 20% стоимости перевозок; при постановке автомобилей на капитальный ремонт с пробегом меньше нормы прибыль бригаде водителей за счёт этого уменьшается на сумму недополученной автотранспортным предприятием прибыли, а при списании автомобиля с неполным сроком службы - на сумму остаточной стоимости.

При сквозном бригадном подряде выполняется заключение совместного договора между всеми участниками технологического процесса, работающими по методу бригадного подряда. Например, при перевозке железобетонных изделий совместный договор заключают бригады, осуществляющие изготовление,

инженерную комплектацию, перевозку и выгрузку изделий на объектах строительства. Ход выполнения перевозок контролируется советом бригадиров совместно с руководством автотранспортного предприятия и предприятие, изготовляющим железобетонные изделия [6].

Повышение эффективности перевозок грузов в настоящее время связано с пакетированием и контейнеризацией грузов, комплексной механизацией и автоматизацией перевозочного процесса, бесперевалочной технологией перевозочного процесса пакетов и контейнеров от поставщиков до потребителей, совершенствованием организации перевозок – созданием организационной структуры, которая объединяла бы исполнителей всех этапов перевозочного процесса. Объединение перечисленных мероприятий при организации перевозки конкретного груза позволяет рассматривать её как организацию гибкой автоматизированной транспортной системы.

В настоящее время становится принципиально важно, что автотранспорт, как элемент инфраструктуры, все чаще берет на себя нетранспортные функции, освобождая потребителя от сбытовых и распределительных функций. Таким образом, автотранспорт перестает быть обособленной отраслью экономики, продающей услуги по перемещению продукции. Он выступает как производитель широкого круга услуг, готовый осуществлять комплексное обслуживание.

Логистическая система, объединяя комплекс организационно-технических элементов, обеспечивающих управление запасами, и реализацию современных технологий движения материальных потоков, создает максимальный народно-хозяйственный эффект. Складские комплексы и распределительные центры, средства подготовки грузов к перевозкам, подвижной состав, компьютерная техника и средства связи, необходимые для

выполнения логистических функций являются материальной базой системы [7].

В настоящее время становится принципиально важно, что автотранспорт, как элемент инфраструктуры, все чаще берет на себя нетранспортные функции, освобождая потребителя от сбытовых и распределительных функций. Таким образом, автотранспорт перестает быть обособленной отраслью экономики, продающей услуги по перемещению продукции. Он выступает как производитель широкого круга услуг, готовый осуществлять комплексное обслуживание. Главная идея логистики - организация в рамках единой системы процессов хранения (складирования), распределения, перемещения продукции по всей цепи - от производителя до потребителя. Конкретная логистическая технология реализуется в зависимости от особенностей снабжения и сбыта предприятий, вида продукции, условий ранка и других факторов.

Логистическая система, объединяя комплекс организационно-технических элементов, обеспечивающих управление запасами, и реализацию современных технологий движения материальных потоков, создает максимальный народно-хозяйственный эффект. Складские комплексы и распределительные центры, средства подготовки грузов к перевозкам, подвижной состав, компьютерная техника и средства связи, необходимые для выполнения логистических функций являются материальной базой системы.

В рамках логистических технологий дисциплина транспортного обслуживания определяется не заявкой отдельного отправителя или получателя на перевозку, а оптимальным соотношением затрат и прибыли на указанный выше цикл «производство – потребление».

Выделяются следующие признаки классификации:

- вид доставки от производителя к потребителю:

- прямая,

- с переработкой на транспортных терминалах,

- с переработкой и хранением в распределительном центре (РЦ)

- вид дисциплины обслуживания:

- со склада поставщика или РЦ на склад потребителя или РЦ,

- со склада поставщика или РЦ непосредственно потребителю,

- с производства поставщика на производство потребителю (система типа "точно ко времени").

- вид транспортного сообщения:

- прямое (автомобильное, железнодорожное, воздушное, водное, морское),

- смешанное (автомобильно-железнодорожное и др.).

При функционировании логистических систем используется более 100 технологий, которые образуются в результате разнообразных сочетаний выделенных классов транспортных связей. Логистические системы обеспечивают материало- и товародвижение, как правило, грузов высокой стоимости и большой номенклатуры. Повышение эффективности материало- и товародвижения достигается за счет унификации и укрупнения грузовых единиц. При прямом сообщении грузы, как правило, перевозятся пакетами, в смешанном сообщении - контейнерами и контрейлерами [8].

Основой для понимания логистики является использование так называемого системного подхода, при котором различные функции - транспортировка, погрузочно-разгрузочные работы, упаковка, управление запасами, складирование и обработка заказов, рассматриваются как взаимосвязывающие и взаимодействующие элементы системы. Системный подход предполагает оптимизацию всей системы, а не каких-либо отдельных ее частей. В настоящее время грузовладельцы предъявляют к перевозчикам требования по улучшению качества перевозочного процесса: соблюдению скорости перевозки на всём

маршруте следования, срока доставки груза к месту назначения в установленное время, сохранности перевозимого груза и его полезных свойств, информацию о месте нахождения груза на пути транспортирования, предъявления грузовладельцу сопутствующих услуг (экспедирование, таможенные операции, фасовка, затаривание, пакетирование и др.). Наиболее высокой формой организации перевозок, удовлетворяющей этим требованиям, являются интермодальные перевозки. Они позволяют операторам перевозки интегрировано использовать все лучшие преимущества каждого вида транспорта и предложить потребителям продукцию высокого качества и приемлемые цены. В экономически развитых странах данное направление развития транспортных систем является приоритетным, благодаря чему ежегодный рост таких перевозок составляет 3-5%. Интермодальные перевозки – это смешанные перевозки «от двери до двери», подготавливаемые и выполняемые под единым руководством одного центра. Её организатор на всех

этапах разработки и осуществления перевозочного процесса целенаправленно увязывает действия всех участвующих в нем сторон: грузовладельцев, перевозчиков и перевозочных комплексов – в интересах ускорения перевозки груза и снижения совокупных затрат на его перевозку [9].

Выводы. Основными признаками интермодальных перевозок (метод интеграции перевозочного процесса) являются: участие в перевозке по меньшей мере двух видов транспорта; наличие договора между «центром» и грузовладельцем о перевозке груза «от двери до двери», в котором предусматривается ответственность «центра» за сохранность груза и сроки его перевозки, а также размер тарифной платы за весь комплекс услуг, предоставляемых «центром» грузовладельцу (сквозной тариф). Преимущества: более рациональное использование имеющихся транспортных мощностей; более экономное расходование энергии; повышение надёжности перевозок и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Нестеренко И.С. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: Учеб. пособие. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. — 108 с
- [2] Программа поэтапной либерализации выполнения перевозчиками, зарегистрированными на территории одного из государств – членов Евразийского экономического союза, автомобильных перевозок грузов между пунктами, расположенными на территории другого государства – члена Евразийского экономического союза, на период с 2016 по 2025 годы
- [3] Евроинфоконсультационный центр. Обзор экономики Республики Беларусь. - Омск, 2015.
- [4] Гришняева Ю.Д. Глобализация как основная тенденция развития мировой экономики. Стратегии включения стран в систему мирохозяйственных связей в условиях глобализации. Современные научные исследования и инновации. 2011
- [5] МВФ. Бюллетень. Перспективы развития мировой экономики, июль 2015 года; ЮНКТАД. Доклад о торговле и развитии, 2014 год. Нью-Йорк и Женева
- [6] Сюзанна Лёф, Роль Янссенс Транспорт, транзит и торговля, Расшивка узких мест в торговле не имеющих выхода к морю государств, Журнал «ОБСЕ», Июнь – июль 2007 года
- [7] Гульпенко К. В., Гайсенюк В. В. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов, Проблемы современной экономики, N 3 (39), 2011

REFERENCES

- [1] Nesterenko I. S. *Organizatsua perevozochnykh úslýg i bezopasnost transportnogo protsesssa* [In Russian: Organization of transportation services and safety of the transport process]: Studies, manual. Omsk: Omstu publishing House, 2006. - 108 s
- [2] Programma poetapnoi liberalizatsii [In Russian: The program of gradual liberalization of road transport of goods by carriers registered on the territory of one of the member States of the Eurasian economic Union between points located on the territory of another member state of the Eurasian economic Union for the period from 2016 to 2025]

- [3] Euro info Consulting center. *Obzor ekonomiki Respybliki Belarys* [In Russian: Overview of the economy of the Republic of Belarus]. Omsk, 2015.
- [4] Grishnyaeva Yu. d. *Globalizatsua kak osnovnaia tendentsua razvitiua mirovoi ekonomiki* [In Russian: Globalization as the main trend in the development of the world economy]. Strategies for including countries in the system of world economic relations in the context of globalization. Modern scientific research and innovation. Two thousand eleven
- [5] IMF. *Perspektivy razvitiua mirovoi ekonomiki* [In Russian: World economic Outlook] Bulletin, July 2015; UNCTAD. Trade and development report, 2014. New York and Geneva, 2014.
- [6] Suzanne Lef, The role of Janssens *Transport, tranzit i tovgovlia* [In Russian: transport, transit and trade], Bridging trade bottlenecks in landlocked States, OSCE Magazine, June-July 2007.
- [7] Gulpenko K. V., Gaisenok V. V. Economic problems of regions and industry complexes, Problems of modern economy, N 3 (39), 2011

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Мусабаев Батырбек Калабаевич, д.т.н., профессор КазАТК, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; musabaev-54@mail.ru

Жанбирова Жумажан Гинайтович, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; Janbirov_jg@mail.ru

Ебесова Асем Бейбитовна, ассистент – преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; A.ebesova@mail.ru

ТАСЫМАЛДАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ ЖӘНЕ КӨЛІКТЕ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ

Мусабаев Батырбек Калабаевич, ғ.т.д., профессор КазАТК, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, musabaev-54@mail.ru

Жанбирова Жумажан Гинайтович, ғ.т.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, Janbirov_jg@mail.ru

Ебесова Асем Бейбитовна, ассистент – преподаватель, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, A.ebesova@mail.ru

Аңдатпа. Бұл мақалада, жол қозғалысын ұйымдастыруда қажетті өзгерістер мен шектеулер тек қана жол белгілерінің, жол таңбалауларының, сигналдар мен бағдаршамдардың және реттеушілердің көмегімен, сондай-ақ қозғалысты реттеуге тәсілдері туралы жазылған.

Түйін сөздер: тасымалдауды ұйымдастыру, басқару, көлік саласы, орталықтандырылған тасымалдар, логистикалық жүйе.

ЛОГИСТИКА НА ТРАНСПОРТЕ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.197-205

APPLICATION OF SIMULATION MODELING IN LOGISTICS

YUn Marina, Undergraduate, German-Kazakh University, Almaty, Kazakhstan
yunm85@mail.ru

Tyulyubayeva Dinara, Associate Professor, Candidate of Sciences in Technics. German-Kazakh University, Almaty, Kazakhstan, tyulyubayeva@dku.kz

Jakupov Nurbek, Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; Nurbek78@yandex.ru

Abstract. Internet commerce has become one of the leading sectors of the global economy, and maintaining a continuous supply chain requires high-tech logistics, equipped with the latest technology. The introduction of integration, the technology of the Internet of things, artificial intelligence in supply chain requires an integral participation of a system engineer in the logistics process.

The growth of industrial competition, the complexity of a production process, as well as the constantly growing requirements due to globalization, lead us to the fact that any system must be flexible to change. It is very important to configure the system so that any changes in data could be displayed in project quickly and simply. Thus, there is a need to use various kinds of simulation models to build transportation and planning systems.

Modeling and simulation are the most common and effective methods for all business projects, especially for production and logistics. Using these methods, you can build a logistics or production chain, the so-called “virtual supply chain”.

In the framework of this study, a simulation method is considered. Recently, the mesoscopic method of simulation is gaining great popularity for building projects. The reason is that in macroscopic modeling, the level of detail is very low, so the model is very abstract and does not give an exact result. On the other hand, microscopic models have a very high level of detail, so this simulation takes a lot of time for modeling it. In this connection, a mesoscopic modeling is distinguished, because it is the average between macro and microscopic. The mesoscopic model is a quick and accurate means of reconstructing models, it benefits by speed and ease of use. The article describes the operation of the mesoscopic model as an example of solving the problem. Graphs and summary tables compiled using this modeling method are presented.

The use of modeling techniques is a promising approach to support the development, planning and operation of transportation systems, both in the design of components and in the design of systems with material flows.

Keywords: logistics, simulation modelling, project management, system engineering, production organization, planning, strategy, software, programming

УДК656.011.56

М.О. Юн¹, Д.М. Тюлюбаева¹, Н.Р. Джакупов²

¹Казахстанско-Немецкий университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЛОГИСТИКЕ

Аннотация. В данной статье рассмотрено применение имитационного моделирования для оптимизации логистических процессов на платформе Anylogistix.

На примере создана имитационная модель определения оптимального местоположения распределительного центра для производственной компании.

Ключевые слова: логистика, имитационное моделирование, проектировочный менеджмент, системная инженерия, организация производства, планирование, стратегия, программное обеспечение.

«Умная» логистика стала безусловным трендом в современной логистике. Высокотехнологические цепочки поставок сейчас наиболее актуальны, так как они способствуют и поддерживают понятие «зеленой» логистики, охраны окружающей среды и безотходного производства, что является основным аспектом будущего в мировом сообществе. Интернет-коммерция стала одной из ведущих отраслей мировой экономики, а для поддержания непрерывной цепочки поставок требуется высокотехнологичная логистика, оборудованная новейшими технологиями.

Вследствие мирового экономического кризиса, компании осознанно стали сокращать расходы, и соответственно стали находить новые инновационные решения для поддержания бизнеса в устойчивом состоянии при сложной экономической ситуации в мире. Компании, вовремя перешедшие к систематизации внутренних логистических бизнес-процессов и цепей поставок, смогли значительно повысить свою конкурентоспособность и выйти на новый уровень рыночных отношений [1]. Внедрение интеграции, технологии интернета вещей, искусственных интеллектов в цепочку поставок требует неотъемлемого участия системного инженера в процессе логистики. В связи с чем, влияние системной инженерии на роль бизнес-процессов значительно увеличилась – любой проект реализовывается только после создания эффективной системы. В этом плане имитационное моделирование становится основным инструментом системной инженерии для создания проектов.

Системная инженерия – это междисциплинарный подход и средства, необходимые для создания успешных систем, которые способны удовлетворить потребности и нужды всех

заинтересованных пользователей. Развитие современной системной инженерии запускает важную тенденцию – связь системной инженерии с управлением проектами, которая помогает определить четкие цели проекта и составить план, по которому данный проект должен быть реализован без отклонений [2].

При создании проекта необходимо учитывать 3 типа задач планирования – оперативные, тактические, стратегические. На решение оперативных задач отводится от нескольких часов до нескольких недель, это касается ежедневных, рутинных процессов. Тактическим задачам отводится несколько месяцев или лет, к ним относятся, например, закуп, планирование производства, распределение. К стратегическим задачам относятся долгосрочные бизнес-решения от 3 лет и более, например, строительство нового завода или распределительного центра. С помощью имитационного моделирования можно учесть все 3 типа планирования при создании проекта. Чтобы создать успешный проект необходимо наладить четкую связь между менеджером проекта и системным инженером, для того чтобы менеджер проекта, имеющий точное представление о том, как должна выглядеть система, мог задать четкие инструкции инженеру для ее воплощения в имитационной модели.

Цель исследования – оптимизация логистической системы путем применения имитационного моделирования.

Объектом данного исследования является логистическая система.

Задачи:

- описание процессов создания систем и моделей;
- описание факторов, влияющих на создание системы проекта;
- создание работающей модели на основе программы имитационного моделирования “Anylogistix”.

Рост промышленной конкуренции, сложность производственного процесса, а также постоянно растущие, из-за глобализации, требования, приводят нас к тому, что любая система должна быть гибкой к переменам. В связи с чем, очень важно настроить систему так, чтобы любая смена данных могла быть очень быстро и просто отображена в проекте.

Для обеспечения адекватного реагирования системы существует пять основных факторов изменчивости. Во-первых, это универсальность, которая позволяет использовать данную систему в проектах большого количества производств и компаний, а также производства широкой разновидности продуктов. Во-вторых, это мобильность – полная ликвидация ограничений движения. В-третьих, масштабируемость – способность приближать и отдалять объекты в зависимости от необходимости. Четвертый фактор – это модульность, т.е. возможность смоделировать объекты таким образом, чтобы их можно было изменять без перепрограммирования всей системы. Пятый фактор – это совместимость, т.е. способность совмещать различные системы между собой, объединяя, например, одним интерфейсом.

В настоящее время существует много различных средств, к которым прибегает системная инженерия для реализации проектов. Выпускаются многочисленные приложения, программные обеспечения, с помощью которых можно смоделировать работающую и реалистичную модель проекта, по которой можно точно отследить результаты в зависимости от вариаций. Моделирование и симуляции являются наиболее распространенными и эффективными методами для всех бизнес-проектов, в особенности для производства и логистики. С помощью данных методов можно построить логистическую или производственную цепь, так называемую “виртуальную цепочку поставок” [3].

Моделирование – это сложный многоэтапный процесс исследования систем, направленный на выявление свойств и закономерностей, присущих исследуемым системам, с целью их создания или модернизации [4]. В процессе моделирования решается множество взаимосвязанных задач, основными среди которых являются разработка модели, анализ свойств и выработка рекомендаций по модернизации существующей или проектированию новой системы. Имитационное моделирование – это эксперимент, проводимый с моделью объекта, в том случае, когда проведение эксперимента с реальным объектом является трудно выполнимым или экономически невыгодным. Само по себе имитационное моделирование не является решением логистических задач, но с помощью вводных данных, оно является безусловным работающим инструментом для оптимизации как логистических, так и любых других процессов. Сам процесс моделирования состоит из нескольких этапов – начинается с определения и распознавания проблемы, далее генерируются варианты решений, и затем формируется модель принятия решений. Главный момент тут – анализ альтернативных решений [5].

Главной задачей имитационного моделирования в сфере логистики является создание работающих транспортных систем, отвечающих вопросам безопасности и эффективности.

Модель помогает проанализировать текущую цепочку поставок, наглядно показывает слабые стороны и способы оптимизации. Это компьютерная цифровая модель физически работающей системы [6].

Моделирование цепочек поставок возможно при использовании 3 методов:

- универсальные инструменты имитационного моделирования;
- специальные программные обеспечения для моделирования цепочек поставок;

- программное обеспечение SupplyChainManagement функциональностью моделирования [7].

Второй и третий методы представляют собой готовое коммерческое программное обеспечение или индивидуальную разработку.

В рамках данного исследования более детально рассмотрен первый метод – метод имитационного моделирования, который в производственных и логистических процессах делится на непрерывное и дискретное моделирование. Непрерывное моделирование применяется в форме моделей динамики, с помощью которых можно смоделировать все виды потоков процесса. Однако, непрерывное моделирование редко используется в каких-либо производственных и логистических процессах, так как данное моделирование является макроскопическим, и таким образом, модели характеризуются высоким уровнем абстрактности и низким уровнем детализации, что в большинстве случаев является недостаточным для решения определенных задач [8].

В то же время, ежегодно на рынке разрабатывается огромное количество дискретных моделей, с помощью которых можно легко решать задачи, связанные с проектированием и оптимизацией логистических и производственных процессов. Дискретное моделирование, также называют дискретно-событийным моделированием, создается с помощью специальных программных пакетов, которые давно используются на рынке. Большинство дискретно-событийных моделей создают с помощью пакетов AnyLogic, Arena, AutoMod, EnterpriseDynamics, ExtendSim, FlexSim, PlantSimulation, ProModel, QUEST и Simul8 [8]. Даже при том, что с помощью дискретно-событийных моделей можно создать любой процесс, этот метод

является не всегда оптимальным, так как он является микроскопическим. Уровень детализации при данном моделировании очень высок, и это влечет за собой длительные временные затраты на процесс его программной реализации.

В последнее время для создания проектов большую популярность набирает мезоскопическое моделирование. Причиной этому служит то, что при макроскопическом моделировании, уровень детализации очень низок, поэтому модель получается очень абстрактной, и дает не совсем точный результат, а микроскопические модели, имеют очень высокий уровень детализации, поэтому это моделирование занимает очень много времени, хотя зачастую мелкие детали, которые нужно описывать, не играют особой роли в цепочке поставок. В связи с чем, выделяют мезоскопическую форму моделирования, что является средним между макро и микроскопической. Мезоскопическая модель является быстрым и точным средством воссоздания моделей, ее выделяют скоростью и простота в использовании [9].

Данный метод рассмотрен на примере следующей задачи, решенной с помощью программы “ Anylogistix ”, в рамках данного исследования. С помощью программы “ Anylogistix ” можно создавать как мезоскопические, так и макроскопические модели.

Исходные данные:

- компания по производству соков;
- завод в г. Алматы;
- 4 вида поставляемой продукции: апельсиновый сок, яблочный сок, персиковый сок, ананасовый сок;
- 4 оптовых покупателя по Казахстану – в городах Актау, Актобе, Шымкент, Караганда;
- ежедневный спрос на продукцию представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Ежедневный спрос оптовых покупателей на продукцию
Table 1 - Daily demand of wholesale buyers for products

Оптовый покупатель	Продукция	Спрос (транспортный пакет), ед.
Ақтау	апельсиновый сок	2
Ақтау	яблочный сок	50
Ақтау	персиковый сок	15
Ақтау	ананасовый сок	10
Ақтобе	апельсиновый сок	7
Ақтобе	яблочный сок	30
Ақтобе	персиковый сок	20
Ақтобе	ананасовый сок	20
Шымкент	апельсиновый сок	6
Шымкент	яблочный сок	5
Шымкент	персиковый сок	4
Шымкент	ананасовый сок	5
Қарағанда	апельсиновый сок	15
Қарағанда	яблочный сок	15
Қарағанда	персиковый сок	1
Қарағанда	ананасовый сок	40

Источник: составлено авторами

Задача: определить оптимальное расположение распределительного центра для поставки оптовым покупателям с использованием метода центра тяжести.

Условия оптимальности: минимальные затраты на транспортировку продукции.

Оптимизационная формула:

$$C_{\text{дост}} \Rightarrow \min \quad (1)$$

где $C_{\text{дост}}$ – транспортные затраты, тг.
Результаты сводных расчетов представлены в таблицах 2, 3

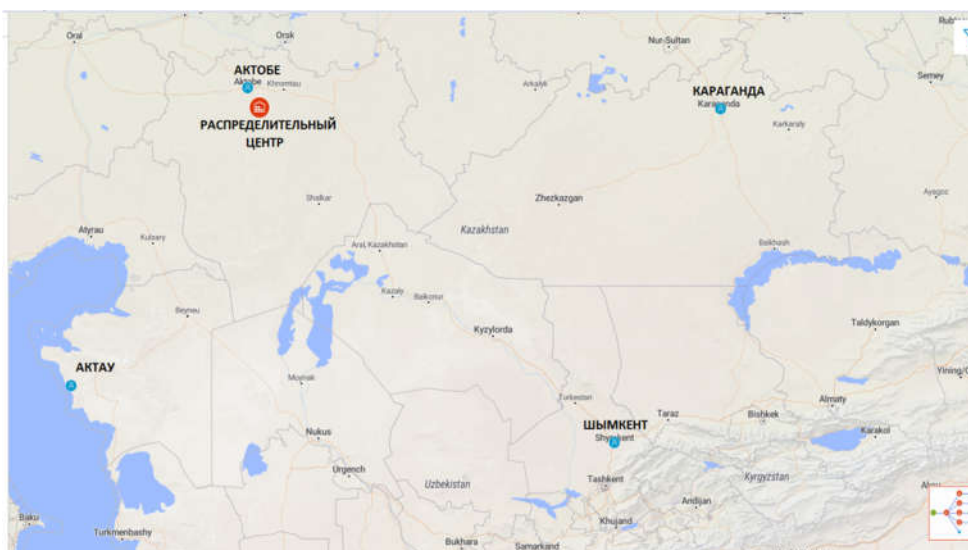


Рис. 1 - Выбор оптимального местонахождения распределительного центра

Источник: составлено авторами на платформе “anyLogistix”
Fig. 1 - Selection of the optimal location of the distribution center.

Source: compiled by the authors on the platform “Anylogistix ”

Координаты оптимального расположения модель высчитывает автоматически. Самостоятельно данные координаты можно вычислить по формуле определения оптимальных координат [10]:

$$X \text{ склад} = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma pi * Xi}{\sum_{i=1}^n}, \quad (2)$$

где Γpi – грузооборот i -го потребителя;

Xi – координаты i -го потребителя;
 n – количество потребителей.

$$Y \text{ склад} = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma pi * Yi}{\sum_{i=1}^n} \quad (3)$$

где Γpi – грузооборот i -го потребителя;

Yi – координаты i -го потребителя;
 n – количество потребителей.

Таблица 2 - Координаты оптимального местонахождения распределительного центра

Table 2 - Coordinates of the optimal location of the distribution center

Наименование	Координаты	
	X	Y
Распределительный центр	49,85132333	57,60911348

Источник: составлено авторами

Таблица 3 - Оптимальное распределение потоков продукции

Table 3 - The optimal distribution of product flows

Место отправления	Место назначения	Продукт	Период, месяц	Потоки, шт	Расстояние, км	Стоимость потоков, шт*км
Распределительный центр	Караганда	апельсиновый сок	1	61	1114,79484	68002,4858
	Актау	апельсиновый сок	1	915	838,454258	767185,646
	Актобе	апельсиновый сок	1	1220	55,6667723	67913,4622
	Шымкент	ананасовый сок	1	366	1244,37101	455439,791
	Шымкент	апельсиновый сок	1	244	1244,37101	303626,527
	Актау	персиковый сок	1	3050	838,454258	2557285,48
	Караганда	персиковый сок	1	915	1114,79484	1020037,28
	Шымкент	яблочный сок	1	305	1244,37101	379533,159
	Актобе	персиковый сок	1	1830	55,6667723	101870,193
	Караганда	яблочный сок	1	2440	1114,79484	2720099,43
	Шымкент	персиковый сок	1	305	1244,37101	379533,159
	Актау	яблочный сок	1	610	838,454258	511457,097
	Актобе	ананасовый сок	1	427	55,6667723	23769,7118
	Актау	ананасовый сок	1	122	838,454258	102291,419
	Актобе	яблочный сок	1	1220	55,6667723	67913,4622
	Караганда	ананасовый сок	1	915	1114,79484	1020037,28
					ИТОГО	10545995,6

Источник: составлено авторами

Таким образом, с помощью имитационного моделирования были получены координаты оптимального

расположения распределительного центра и готовая модель его работы, при этом данные всегда можно менять, и система

выдаст нам новое расположение, в соответствии с введенными параметрами. Посредством этой модели можно делать дополнительные расчеты, добавлять и изменять данные, количество поставщиков и покупателей. Программа будет подстраиваться под обновленные данные и выдавать в результате готовую работающую модель. С помощью данной модели можно не только определять оптимальное расположение, но также определять наиболее прибыльные/убыточные направления, необходимость развивать цепь поставок, проверять рентабельность новых заводов или новых складов, и многое другое.

Исходя из вышеприведенного примера, хотелось бы рассмотреть преимущества программ компьютерного моделирования над программой Excel, именно для составления транспортных моделей и решения транспортных задач. Прежде всего, стоит отметить скорость проведения расчетов, а также удобный интерфейс программы. В программе нет необходимости прописывать формулы и вычислять какой-либо показатель вручную. Программа выдает результат в виде графических изображений и сводных таблиц. При расчете стоимости доставки, программа учитывает фактическое расположение объектов, а также маршрут и наличие дорог, исходя из данных на карте, а не просто просчитывает расстояние между объектами по прямой.

Также с помощью компьютерного моделирования можно создавать и более сложные модели, с большим количеством поставщиков и получателей.

Выводы. Учитывая все вышесказанное, можно сказать, что имитационное моделирование может помочь оптимизировать любой бизнес-проект. Если какое-то действие в рамках любого проекта вызывает сомнения, то его с легкостью можно проверить с помощью имитационного моделирования. Таким образом, бизнес будет защищен от ошибок и неправильных вложений.

Моделирование в области логистики в целом можно определить, как представление логистической системы с ее динамическими процессами в экспериментальной модели для достижения результатов, которые можно перенести в реальность. Во время разработки компонентов система может использоваться для оценки элементов управления модуля, а также их поведения в типичных случаях использования, следуя идее виртуального ввода в эксплуатацию.

Использование методов моделирования представляет собой многообещающий подход для поддержки разработки, планирования и эксплуатации систем транспортировки, как при проектировании компонентов, так и при проектировании систем с материальными потоками.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сергеев В. Логистика и управление цепями поставок – специальность 21 века / Логистика №6 (89) декабрь, 2018
- [2] Батоврин Б. Современная системная инженерия и её связь с управлением проектами / Управление проектами и программами №3, Москва, 2015
- [3] Дыбская В., Сергеев В. Цифровая логистика и управление цепями поставок: перспективы развития / Материалы XVII Международной научно-практической конференции Логистика: Современные тенденции развития / Санкт-Петербург, 2018
- [4] Алиев Т. Основы моделирования дискретных систем: Учебное пособие / Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики – Санкт-Петербург, Россия, 2009
- [5] Захаров Д. Основные аспекты имитационного моделирования в логистике / Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Логистика: Современные тенденции развития / Санкт-Петербург, 2018.
- [6] Мазуренко О., Выбор IT-платформы и программного обеспечения для проведения имитационного моделирования работы терминала морского порта / Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Логистика: Современные тенденции развития / Санкт-Петербург – 2018

- [7] Шенк М., Толуев Ю., Реггелин Т. Мезоскопическое моделирование и имитации логистических цепей / Материалы 13 симпозиума ИФАК по проблемам информационного контроля на производстве – Москва, Россия, 2009
- [8] Толуев Ю., Реггелин Т. Концептуальные модели процессов в потоковых системах логистики / Проблемы и суждения – Логистика № 1, 2015. – 62-66 с.
- [9] Лэнг С., Реггелин Т., Вандер Т. Мезоскопические имитационные модели для задач логистического планирования в автомобильной промышленности / 16-я конференция по надежности и статистике в сфере транспорта и связи, РелСтат'2016, Рига, Латвия, 2016.
- [10] Савенкова Т.И. Логистика. Формулы, расчеты, определения – Тема 7. Логистика складирования/ Москва, 2011.

REFERENCES

- [1] Sergeev V. Logistika i upravleniye tsyepami postavok – special'nost' 21 veka [in Russian: Logistics and Supply Chain Management - 21st Century Specialty / Logistika №6 (89) December 2018
- [2] Batovrin B. Sovremennaya sistemnaya inzheneriya i eesvyaz' s upravleniem proektami [in Russian: Modern systems engineering and its relationship with project management] / Upravleniye proektami i programmami №3, Moscow – 2015
- [3] Dybskaya V., Sergeev V. Cyfrovaya logistika i upravleniye tsyepami postavok: perspektivy razvitiya [in Russian: Digital logistics and supply chain management: perspectives of development] / Proceedings of XVII International science-practical conference Logistics: Current development trends, Saint-Petersburg – 2018
- [4] Aliyev T. Osnovnyye modeli i diskretnyye systemy [in Russian: Fundamentals of Discrete Systems Modeling] - Study Guide / St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia – 2009
- [5] Zaharov D. Osnovnyye aspekty imitatsionnogo modelirovaniya v logistike [in Russian: The main aspects of simulation in logistics] / Proceedings of XVII International science-practical conference Logistics: Current development trends, Saint-Petersburg – 2018
- [6] Mazurenko O. Vybort IT platformy i programnogo obespecheniya dlya provedeniya imitatsionnogo modelirovaniya raboty terminala morskogo porta [in Russian: Selection of the IT platform and software for the simulation modeling of sea port terminal] / Proceedings of XVII International science-practical conference Logistics: Current development trends, Saint-Petersburg – 2018
- [7] Schenk M., Tolujew J., Reggelin T. Mesoscopic Modeling and Simulation of Logistics Networks / Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing Moscow, Russia – 2009
- [8] Tolujew J., Reggelin T. Konceptual'nyye modeli processov v potokovykh sistemah logistiki [in Russian: Conceptual Process Models in Stream Logistics Systems] / Problemy i suzhdeniya – Logistika № 1 – 2015 – 62-66 p.
- [9] Lang S., Reggelin T., Wunder T. Mesoscopic Simulation Models for Logistics Planning Tasks in the Automotive Industry / 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'2016 / Riga, Latvia – 2016
- [10] Savenkova T. Logistika. Formuly, raschety, opredeleniya – tema 7. Logistika skladirovaniya [in Russian: Logistics. Formulas, calculations, definitions – Theme 7. Warehouse logistics, Moscow – 2011

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЛОГИСТИКЕ

Юн Марина Олеговна, магистрант, Казахстанско-Немецкий университет, г. Алматы, Казахстан, yunm85@mail.ru

Тюлюбаева Динара Муратбековна, к.т.н., профессор, Казахстанско-Немецкий университет, г. Алматы, Казахстан, tyulyubayeva@dku.kz

Джакупов Нурбек Рахимджанович, к.т.н., ассоциированный профессор КазАТК, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, Nurbek78@yandex.ru

ЛОГИСТИКАДА ИММИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНУ

Юн Марина Олеговна, магистрант, Қазақ-Неміс Университеті, Алматы, Қазақстан, yunm85@mail.ru

Тюлюбаева Динара Муратбековна, т.ғ.к., профессор Қазақ-Неміс Университеті, Алматы, Қазақстан, tyulyubayeva@dku.kz

Джакупов Нурбек Рахимджанович, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы, Қазақстан, Nurbek78@yandex.ru

Аңдатпа. Бұл мақалада Anylogistix платформасында логистикалық процестерді оңтайландыру үшін модельдеуді қолдану туралы айтылады. Мысалы өндірістік компания үшін дистрибьюторлық орталықтың оңтайлы орнын анықтауға арналған модельдеу үлгісінен тұрады.

Түйін сөздер: логистика, модельдеу, дизайнды басқару, жүйелік инжиниринг, өндірісті ұйымдастыру, жоспарлау, стратегия, бағдарламалық қамтамасыз ету.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.205-210

PROBLEMS OF LOGISTICS INDUSTRY DEVELOPMENT IN KAZAKHSTAN

Akilbek Bazenov, undergraduate, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty; bazenov1972@gmail.ru

Inkar Umeshva, undergraduate, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty; inkosi@mail.ru

Anar Nemasipova, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; a.nemassipova@qazatk.kz

Abstract. In modern conditions, the effective use of the transport infrastructure of the Republic is impossible without the development of the logistics industry. The relevance of logistics implementation is connected not only with the development and modernization of the transport component, but also with the expansion of competition in the international market of transport services. Several dozens of large operators and freight forwarders successfully work in the Kazakhstan market today. The success of their activities largely depends on the ability to timely identify the range of partners with whom they can enter the international market.

The growth of Kazakhstan's logistics market, depending on the service sector and the segment served, averages from 3 to 16 % per year. The largest growth is projected in the sector of integrated services and services for integration and supply chain management. In this regard, the market of logistics services is growing trend of changes in market guidelines towards the provision of integrated services.

Currently, the organization of logistics services by transport companies in Kazakhstan is particularly relevant. The services provided by carriers and forwarders are insufficient both in quality and in the range of services. The modern market dictates not only the requirements for the delivery of goods, but also the demand for a comprehensive transport product of high quality at the level of service on behalf of one company-a logistics operator with a full range of logistics services. Technical support of logistics processes - the condition of roads, deterioration of the existing transport infrastructure, lack of warehouses of international class, low level of service, insufficient funding also constitute a huge problem for the effective development of logistics in Kazakhstan. All these problems lead to the lack of effective interaction between the participants of logistics processes, respectively, low competitiveness of domestic enterprises and transport in General.

Keywords: logistics, transport and logistics services, logistics operator, forwarders, carriers, infrastructure.

УДК 656.225

А.М. Базенов¹, И.Г. Умешева¹, А.Н. Немасипова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В современных условиях эффективное использование транспортной инфраструктуры республики невозможно без развития логистической отрасли. Актуальность внедрения логистики связана не только с развитием и модернизацией транспортной составляющей, но и с расширением конкуренции на международном рынке транспортных услуг.

В настоящее время вопросы организации логистических услуг транспортными компаниями Казахстана являются особенно актуальными. Перевозчики и экспедиторы

оказывают спектр сервис услуг на недостаточно качественном уровне. Оснащенность транспортной инфраструктуры определяет уровень спроса на рынке логистических услуг компаний, выступающих от лица логистического оператора. Техническое обеспечение логистических процессов – состояние дорог, изношенность имеющейся транспортной инфраструктуры, недостаток складов международного класса, низкий уровень сервиса, недостаточное финансирование также составляют огромную проблему для эффективного развития логистики в Казахстане. Все обозначенные проблемы приводят к отсутствию эффективного взаимодействия между участниками логистических процессов, соответственно низкую конкурентоспособность отечественных предприятий и транспорта в целом.

Ключевые слова: логистика, транспортно-логистические услуги, логистический оператор, экспедиторы, перевозчики, инфраструктура.

В условиях роста перевозок грузов все большую актуальность приобретают межфункциональные процессы, которые ориентированы на удовлетворение различных потребностей грузовладельцев. Эффективную реализацию этих процессов способны обеспечить логистические методологии, позволяющие оптимизировать всю цепь поставок [1].

В настоящее время вопросы организации логистических услуг транспортными компаниями Казахстана являются особенно актуальными. Перевозчики и экспедиторы оказывают спектр сервис услуг на недостаточно качественном уровне. Оснащенность транспортной инфраструктуры определяет уровень спроса на рынке логистических услуг компаний, выступающих от лица логистического оператора.

Для более подробного изучения проблемы в республике считаем необходимым произвести изучение зарубежного опыта работы логистических операторов стран Европейского союза. Выяснено, что следствием кардинального развития компаний с собственными логистическими активами явилось воздействие со стороны заказчиков-потребителей комплексных логистических услуг при организации транспортного процесса. Так появилась потребность предоставления всех услуг единым логистическим оператором (1PL-4PL операторы).

Компании 1PL-3PL, как правило, создаются традиционным способом -

путем расширения спектра дополнительных комплексных услуг.

В область услуг компаний 4PL входит предоставление помимо полного комплекса логистических услуг по транспортировке, хранению, таможенной очистке, а также по интеграции и управлению цепями поставок материальных потоков заказчика. При переходе на 4PL уровень происходят изменения в инфраструктуре компании. Появляются потребности в дополнительных площадях в центральном офисе для размещения дополнительных отделов занимающихся предоставлением консалтинговых услуг, планирования поставок и распределения грузов по пунктам распределения. Появляется вероятность того, что многие операторы будут создавать свои представительства в организационных структурах крупных клиентов, для более оперативного реагирования на их потребности.

В эпоху цифровизации Казахстана основными провайдерами современных логистических технологий стали более 50 компаний зарубежных стран, такие как DHL Danzas, Shenker, UPS, Fedex, Panalpina, TNT, Exel, NYK Logistic, успешно сотрудничающих со многими казахстанскими компаниями [2].

При организации международных перевозок в настоящее время действуют операторы смешанных перевозок, которые регулируют действия всех участников транспортировки груза, оформляют договор перевозки. Оператор смешанной

перевозки не только координирует процесс, но и берет на себя ответственность за выполнение условий договора перевозки, за возможный ущерб при транспортировке и своевременной доставке груза. Сравнительно недавно появился участник смешанной перевозки NVOCC – «общественный перевозчик, не владеющий тоннажем», который может иметь собственные контейнеры и может организовать доставку «doortodoor», но при этом не обладает собственным транспортным средством. Эти компании выступают одновременно как экспедиторы, перевозчики и отправители грузов. NVOCC обладает сравнительным преимуществом, так как не обременена капитальными затратами на транспортные средства и может предложить большую вариантность при выборе направлений перевозке и гибкие условия транспортировки.

В зарубежной практике большее развитие получили ООР - операторы общего распределения, которые интегрируются в транспортно-распределительные системы и обеспечивают оптимизацию процессов планирования, прогнозирования, контроль доставки и хранения грузов. Заключаемые между принципалами и агентами соглашения оформляются в виде «соглашений о сотрудничестве» или «контрактов о партнерстве» ("Cooperationagreement", "Contractofpartnership")» [3].

На сегодняшний день десятки крупных национальных операторов и компаний-экспедиторов успешно работают на транспортно-логистическом рынке Казахстана. Успешность их деятельности во многом зависит от своевременного налаживания партнерских отношений, в т.ч. поиска выхода на глобальный международный рынок торговли.

Анализируя период прошедших лет, можно выделить достаточное количество примеров эффективной оптимизации транспортных издержек за счет внедрения индивидуального мониторинга

перемещения сырьевых материальных потоков и товара. При этом следует отметить, что данными функциями в основном занимались непосредственно компании-производители.

В связи с большим внедрением и укреплением в последние годы логистических услуг в Казахстане, управление цепями поставок грузов перейдет непосредственно специализированным компаниям-операторам, способных достичь экономический эффект и снижение общих издержек за счет применения стратегии организации, управления и контроля. Вместе с тем, компаниям-операторам легче производить проектирование всей цепи поставок грузов вне зависимости от объема отправок. Несомненно, одной из основных задач компании-оператора остается стремление снизить долю транспортных компонентов, участвующих в общей цепи поставок.

Основной логистической услугой оператора для перевозчика является проектирование цепочки поставок, где есть только один координатор процесса перевозки, выполняющий и соблюдающий все требования заказчика. При этом считаем, что доля транспортных компонентов в стоимостном эквиваленте будет прямопропорционально зависеть от количества посредников, участвующих в таких цепях поставок [4].

В настоящее время казахстанский рынок транспортно-логистических услуг структурно выделяет:

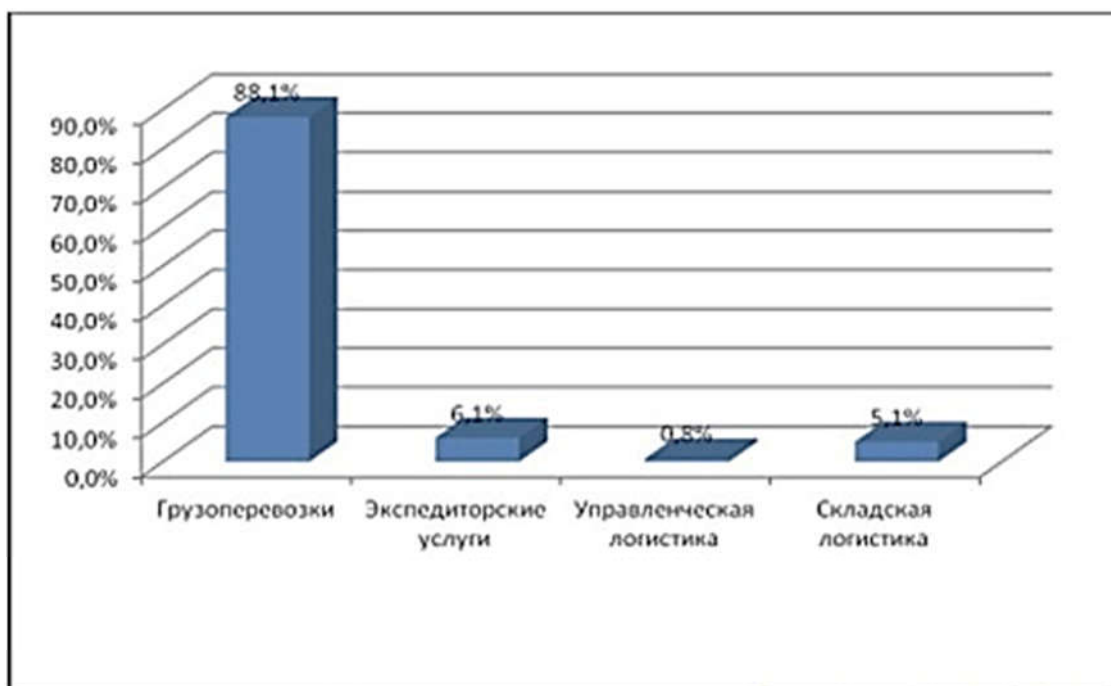
- сектор грузовых перевозок;
- сектор экспедиторских услуг по видам транспорта;
- сектор складской логистики;
- сектор управленческой логистики.

Согласно статистическим данным РК среднегодовое изменение в секторе транспортно-логистических услуг составляет от 3% до 16 %. Притом наблюдается и прогнозируется, что наибольший прирост будет в секторе комплексных услуг и услуг по интеграции

и управлению цепями поставок грузов. В связи с этим, на рынке логистических услуг нарастает тенденция изменений рыночных ориентиров в сторону предоставления комплексных услуг. В настоящее время логистика, ориентированная на международные стандарты, в наличии только в г. Алматы и Алматинской области, где имеются склады «А» класса и наблюдается конкуренция на

оказание транспортно-логистических услуг.

На рисунке 1 представлена структура казахстанского рынка логистических услуг. По данным KAZLOGIST в Казахстане значительно вырос объем грузоперевозок Казахстана, что составило 88,1% от общей доли логистического рынка в экономике.



Источник: составлено по данным союза KAZLOGIST (<http://www.kazlogistics.kz>).

Рисунок 1 - Структура казахстанского рынка логистических услуг
Fig. 2 - The structure of the Kazakhstani market of logistics services

Надо отметить, что производители продукции недостаточно используют логистический потенциал перевозчиков, практически ставя им краткосрочные задачи по оказанию определенных транспортных функций.

План развития транспортно-логистической инфраструктуры Казахстана предусматривает развитие транспортной логистики в рамках выполняемых правительственных программ, в том числе и Государственной программы форсированного и индустриально-инновационного развития. Внедрение и использование задач программы связано с необходимостью

комплексного подхода к деятельности производственных предприятий и транспортного комплекса, что позволит повысить качество транспортно-логистических услуг, обеспечит доступность глобальных путей сообщения и развития транзита в целом [5-6].

Вывод. Дальнейшее развитие профессионального рынка связано с целым рядом причин [7]:

- повышается спрос на услуги складов «А» класса как относительно небольших, так и крупными компаниями;
- концентрация вокруг крупных транспортно-логистических комплексов промышленных предприятий;

- строительство складов, соответствующих международным стандартам, частными компаниями;
- увеличение объемов грузооборота, сопровождающееся спросом на логистические услуги;
- необходимость развития конкуренции на рынке транспортно-логистических услуг.

Приведенные компоненты, обуславливающие дальнейшее развитие логистического рынка в Казахстане в совокупности с политикой развития транзитно-транспортного потенциала могут дать вполне благоприятные прогнозы для достижения эффективной логистики на всех уровнях экономики Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. - М.: ЗАО «Олимп - Бизнес», 2001. - 640 с.
- [2] Резер, С.М. Логистика экспедирования грузовых перевозок / С.М. Резер. - М.: ВИНТИ РАН, 2002. - 472 с.
- [3] Тюлюбаева Д.М., Технология комбинированных (контрейлерных) перевозок: Учебное пособие. – Алматы, КазАТК. - 2009. - 88 с.
- [4] Маташева А.Е., Валеева В.З. Транспортная логистика Казахстана: проблемы и перспективы развития. // Международный экономический форум, 2015. - <http://be5.biz/ekonomika1/r2015/1828.htm>
- [5] Киздарбекова М. Ж. Проблемы и перспективы развития логистики в Казахстане // Молодой ученый, 2017. - №14. - С. 363-365.
- [6] Маркетинговые исследования рынка логистики в Казахстане. - <http://www.marketingcenter.kz/>
- [7] Титюхин Н, Овчаренко Н. Модель транспортно-логистической системы Казахстана // ЛОГИНФО №9. -2014. - www.loginfo.ru

REFERENCES

- [1] Bauersoks Donald Dzh., Kloss Dejvid Dzh. *Logistika: integrirovannaya cep postavok* [In Russian: Bowersox Donald J., Kloss David J. Logistics: Integrated Supply Chain]. Moscow: ZAO «Olimp - Biznes», 2001. - 640 p.
- [2] Rezer, S.M. *Logistika ekspedirovaniya gruzovyh perevozok* / S.M. Rezer [In Russian: Rezer, S.M. Logistics of freight forwarding / S.M. Rezer]. Moscow: VINITI RAN, 2002. - 472 p.
- [3] Tyulyubaeva D.M., *Tehnologiya kombinirovannyh (kontrejlernyh) perevozok. Uchebnoe posobie*. [In Russian: Tyulyubaeva DM, Combined (piggyback) transportation technology. Tutorial]. Almaty, KazATK. - 2009. - 88 p.
- [4] Matasheva A.E., Valeeva V.Z. *Transportnaya logistika Kazahstana: problemy i perspektivy razvitiya*. // *Mezhdunarodnyj ekonomicheskij forum* [In Russian: Matasheva A.E., Valeeva V.Z. Transport logistics of Kazakhstan: problems and development prospects. // International Economic Forum]. 2015. - <http://be5.biz/ekonomika1/r2015/1828.htm>
- [5] Kizdarbekova M. Zh. *Problemy i perspektivy razvitiya logistiki v Kazahstane* [In Russian: Kizdarbekova M. Zh. Problems and prospects for the development of logistics in Kazakhstan]. The Young scientist. - 2017. - No. 14. - pp. 363-365.
- [6] *Marketingovye issledovaniya rynka logistiki v Kazahstane* [In Russian: Marketing research of the logistics market in Kazakhstan]. - <http://www.marketingcenter.kz/>
- [7] Tityuhin N, Ovcharenko N. *Model transportno-logisticheskoy sistemy Kazahstana* [In Russian: Tityukhin N, Ovcharenko N. Model of the transport and logistics system of Kazakhstan]. LOGINFO No. 9. -2014. - www.loginfo.ru

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В КАЗАХСТАНЕ

Базенов Акылбек Мырзабекұлы, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; bazenov1972@gmail.ru

Умешева Инкар Галымжанкызы, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; inkosi@mail.ru

Немасипова Анар Нуртасовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; a.nemassipova@qazatk.kz

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЛОГИСТИКАЛЫҚ САЛАНЫ ДАМУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Базенов Ақылбек Мырзабекұлы, магистрант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; bazenov1972@gmail.ru

Умешева Инкар Галымжанқызы, магистрант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; inkosi@mail.ru

Немасипова Анар Нуртасовна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан; a.nemassipova@qazatk.kz

Андатпа. Қазіргі жағдайда республиканың көлік инфрақұрылымын тиімді пайдалану логистикалық саланы дамытпай мүмкін емес. Логистиканы енгізудің өзектілігі көлік құрамдастарын дамытумен және жаңғыртумен ғана емес, сондай-ақ Көлік қызметтерінің халықаралық нарығында бәсекелестікті кеңейтумен де байланысты.

Қазіргі уақытта Қазақстанның көлік компанияларының логистикалық қызметтерін ұйымдастыру мәселелері әсіресе өзекті болып табылады. Тасымалдаушылар мен экспедиторлар ұсынатын қызметтер сапасы бойынша да, қызметтер спектрі бойынша да жеткіліксіз. Қазіргі заманғы нарық жүктерді жеткізу бойынша талаптарды ғана емес, сонымен қатар логистикалық қызметтердің барлық жиынтығына ие логистикалық оператор - бір компанияның атынан сервистік қызмет көрсету деңгейіндегі жоғары сапалы кешенді көліктік өнімге деген сұранысты де талап етеді. Логистикалық процестерді техникалық қамтамасыз ету-жолдардың жай-күйі, қолда бар көлік инфрақұрылымының тозуы, халықаралық кластағы қоймалардың жетіспеушілігі, сервистің төмен деңгейі, қаржыландырудың жеткіліксіздігі Қазақстанда логистиканы тиімді дамыту үшін үлкен проблеманы құрайды. Барлық белгіленген проблемалар логистикалық процестерге қатысушылар арасындағы тиімді өзара іс-қимылдың болмауына, тиісінше отандық кәсіпорындар мен жалпы көліктің бәсекеге қабілеттілігінің төмендігіне алып келеді.

Түйін сөздер: логистика, көліктік-логистикалық қызмет көрсету, логистикалық операторы, экспедиторлар, тасымалдаушылар, инфрақұрылым.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.210-218

RESEARCH OF PECULIARITIES OF TRANSPORTATION OF OVERSIZED CARGOES BY MOTOR TRANSPORT

Roza Mussaliev, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, roza.mussaliyeva@mail.ru

Gaziz Fayzulla, Magistrate (Eng.), undergraduate, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; e-mail: faizylla@gmail.com

Dastan Rsalyulu, Magistrate (Eng.), undergraduate, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; e-mail: rysalyuly@gmail.com

Abstract. In this article, the object of study is the oversized road transport system. The objective of this study is to study the current organization of freight transportation and highlight the main details that must be considered when organizing and carrying out oversized transportation. Aspects of the definition of basic concepts, the features of the preparation and process of transporting oversized goods, the choice of route, the rules for the carriage of goods by road, as well as the documentation of cargo transportation and its coordination with all interested organizations are disclosed.

Transport or logistics companies specializing in this type of service will help you choose the right vehicle and the optimal route for oversized transportation. The choice of optimal transportation routes depends on the specifics of the cargo, its size and purpose. Of particular difficulty is the choice of route for bulky or oversized cargo. When transporting oversized cargo, the rules established by applicable law must be observed. The order of placement and securing of transported oversized cargoes must be strictly observed. There must be the necessary supporting documents, as well as the availability of permits for the transportation of oversized cargo. Thus, oversized transportation is considered one of the most complex types of cargo transportation.

Keywords: road transport, oversized cargo, route selection, transportation technology

УДК 656.022

Р.Д. Мусалиева¹, Г.С. Файзулла¹, Д. Рсалыулу¹

¹ Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕВОЗКИ НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Аннотация. В данной статье объектом исследования является система автомобильных перевозок негабарита. Задачей данного исследования является исследование существующей на данный момент организации грузовых перевозок и выделение основных деталей, которые необходимо учитывать при организации и осуществлении перевозок негабарита. Раскрыты аспекты определения основных понятий, особенности подготовки и процесса транспортировки негабарита, выбор маршрута, правила перевозки груза автомобильным транспортом, а также документальное оформление грузоперевозок и согласования ее со всеми заинтересованными организациями.

Выбрать подходящее транспортное средство и оптимальный маршрут для перевозки негабарита помогут транспортные или логистические компании, специализирующиеся на данного рода услугах. Выбор оптимальных маршрутов транспортировок зависит от специфики груза, его размеров и назначения. Особую сложность представляет выбор маршрута для крупногабаритных или негабаритных грузов. При перевозке негабаритных грузов должны соблюдаться правила, установленные действующим законодательством. Неукоснительно должен соблюдаться порядок размещения и крепления транспортируемых негабаритных грузов. Должны быть необходимые сопроводительные документы, а также наличие разрешений на перевозку негабаритного груза. Таким образом, негабаритные перевозки считаются одним из наиболее сложных видов грузоперевозок.

Ключевые слова: автомобильные перевозки, негабаритный груз, выбор маршрута, технология перевозок

Транспортировка негабаритных грузов на сегодняшний день весьма востребована, ввиду необходимости перевозок разного рода специальной, строительной, сельскохозяйственной и прочей техники, больших цистерн, промышленного оборудования и других негабаритных тяжеловесных грузов. Специфика негабаритных перевозок, помимо необходимости задействовать специализированный подвижной состав, заключается во многих моментах, без учета которых своевременная и безопасная доставка негабарита к месту назначения невозможна.

На сегодняшний день перевозка крупногабаритной техники является одной из основных проблем, с которыми приходится сталкиваться подрядчикам строительных, автомобильных и промышленных компаний. Очень важно,

чтобы процесс работы на разных объектах был организован таким образом, чтобы специализированная техника доставлялась на место назначения своевременно и уже в том состоянии, в котором она будет использоваться.

Критериями, по которым груз идентифицируется как негабаритный, являются его ширина, длина и высота. Таким образом, если перевозимый груз, установленный на подвижной состав, превышает по длине 20 метров, по ширине 2,5 метра, по высоте 4,0 метра, то он автоматически попадает под категорию негабаритных. К таким грузам можно отнести, например, яхты, памятники или транспорт (например, сельскохозяйственный), то есть именно такой негабарит, который невозможно перевезти обычным транспортом.



Рис. 1 - Перевозка негабаритного груза автомобильным транспортом
Fig. 1 - Oversized cargo transportation by road

Перечень нестандартных перевозок включает довольно широкий диапазон уникальных негабаритных грузов: от яхт, катеров, экскаваторов и комбайнов до бурового оборудования, модулей, паровых котлов и трансформаторов, каждый из которых имеет особые формы, вес и размеры.

Перемещение подобных грузов посредством железнодорожного или авиатранспорта является затруднительным и дорогостоящим процессом, поэтому именно автомобильные перевозки грузов - самый доступный и, вместе с тем, экономичный способ транспортировки негабарита.

На сегодняшний день основными объектами перевозок автотранспортом являются:

- строительная техника (бульдозеры, асфальтоукладчики, экскаваторы, краны, балки);
- С/Х техника (тракторы, комбайны);
- промышленное оборудование котлы, турбины, трансформаторы, реакторы, пресс-ножницы);
- мобильные заводы и т.д.

Таким образом, услуги по транспортировке негабаритных грузов предоставляются, в основном, нефтехимическим, машиностроительным, оборонным, металлургическим, строительным и сельскохозяйственным предприятиям.

Таблица - 1 Классификация негабаритных грузов
Table 1 - Classification of oversized cargo

Группа груза	Параметры
Тяжеловесный груз	груз, который, будучи погружен в транспортное средство, вызывает превышение хотя бы одного из параметров по разрешенной максимальной массе подвижного состава или осевым нагрузкам, определенных в нормативных документах

Крупногабаритный груз	груз, который, будучи погружен в транспортное средство, вызывает превышение хотя бы одного из параметров по предельным габаритным размерам подвижного состава, определенных в нормативных документах
Длинномерный груз	груз, который, будучи погружен в транспортное средство, выступает за задний борт более чем на 2 метра

Исходя из таблицы 1, негабаритными, тяжеловесными, крупногабаритными считаются грузы, масса и размеры которых вместе с транспортным средством превышают следующие параметры:

- по высоте - более 4 м;
- по длине - более 20 м (допускается свес груза 2 м, если общая длина не превышает 20 м);
- по ширине - более 2,55 м;
- по массе груза с транспортным средством - более 38 т.

Однако, чем меньше груз превышает габариты автотранспортного средства, тем проще и соответственно дешевле осуществлять перевозку.

Менее сложны специальные перевозки, если габариты транспорта следующие:

- высота - до 4,5 м;
- ширина - до 3,5 м;
- длина - до 2 м больше краев машины.

Наиболее сложные перевозки такого груза, который превышает одновременно как предельные габариты, так и массу.

Следует обратить внимание на то, что при измерении габаритов и массы груза, перевозимого автомобильным транспортом, необходимо измерять его размеры и массу вместе с транспортным средством.

Кроме того, для выполнения перевозок грузов, превышающих вышеперечисленные параметры, требуется специальное разрешение.

При перевозке негабаритных грузов должны соблюдаться правила, установленные действующим законодательством. Неукоснительно

должен соблюдаться порядок размещения и крепления транспортируемых негабаритных грузов. Должны быть необходимые сопроводительные документы, а также наличие разрешений на перевозку негабаритного груза. Таким образом, негабаритные перевозки считаются одним из наиболее сложных видов грузоперевозок.

Негабаритные перевозки относятся к числу наиболее сложных и трудоемких. Фирма-перевозчик несет большую ответственность за сохранность и целостность груза перед грузовладельцем. Во время транспортировки учитываются все наиболее важные и значимые факторы, поэтому при подготовке внимание акцентируется на выработке наиболее оптимального решения для транспортировки груза, что позволяет оптимизировать затраты, а также качественно осуществить поставленную задачу в кратчайшие сроки.

Во избежание проблем во время транспортировки негабаритного груза нужно особенно тщательно и детально проводить подготовку перевозки. При выборе стратегических решений, касающихся организации транспортного процесса, необходимо учитывать следующие основные факторы:

- возможности существующих транспортных и логистических компаний;
- технические возможности существующих транспортных средств, в том числе железнодорожных, водных и автомобильных, а также грузоподъемных машин и механизмов;
- возможности существующих автомобильных и железных дорог, водных путей с точки зрения их использования и

реконструкции для использования в «экстремальных» условиях;

- требования к качеству осуществления перевозки;

- объемы и сроки перевозок;

- необходимости значительных капитальных затрат на работы по подготовке и осуществлению таких перевозок;

- необходимости проведения большого числа согласований практически на всех уровнях, включая государственные.

Перевозки крупногабаритного тяжеловесного оборудования, имеющего единичные массы в несколько сотен тонн и значительные габаритные размеры, имеют множество специфических отличий. Учитывая специфику перевозимых грузов, необходимо проводить эффективные организационно-технические мероприятия и использовать специальную технологию работ, обеспечивающих надежность и безопасность перевозок.

Перевозки негабаритных грузов, кроме обеспечения технологии собственно транспортного процесса, могут предусматривать:

- производство погрузочно-разгрузочных работ (ПРР), в т.ч., перевалку с одного вида транспорта на другой;

- усиление дорожных покрытий и мостов;

- реконструкцию инженерных коммуникаций, линий электропередач и связи;

- строительство различных объездов и подъездных автодорог;

- изготовление новых или реконструкцию существующих транспортных средств;

- изготовление нестандартизированного технологического оборудования и оснастки;

- проведение множества согласований на самых различных уровнях, в том числе, решение вопросов по землеотводу и получению разрешений на строительство, например, дорог, площадок производства ПРР и др.

Многие из перечисленных мероприятий требуют выполнения сложных проектно-конструкторских работ (рис. 2).

В связи с этим, особое место в организации перевозок должно уделяться работам по выбору оптимальной транспортно-технологической схемы осуществления перевозки и согласовании ее со всеми заинтересованными организациями.

Также следует учесть, что согласования могут продолжаться в течение нескольких месяцев и даже лет.

Многие вопросы могут быть решены только на уровне государственных органов, городских администраций или других подобных учреждений.

Транспортировка негабаритных грузов является сложным и длительным процессом и поэтому делится на несколько этапов:

- подбор подходящей транспортной или логистической фирмы;

- подбор специального транспорта с учетом всех характеристик конкретного груза;

- выбор оптимального маршрута следования;

- оформление необходимых разрешений;

- организация сопровождения груза.

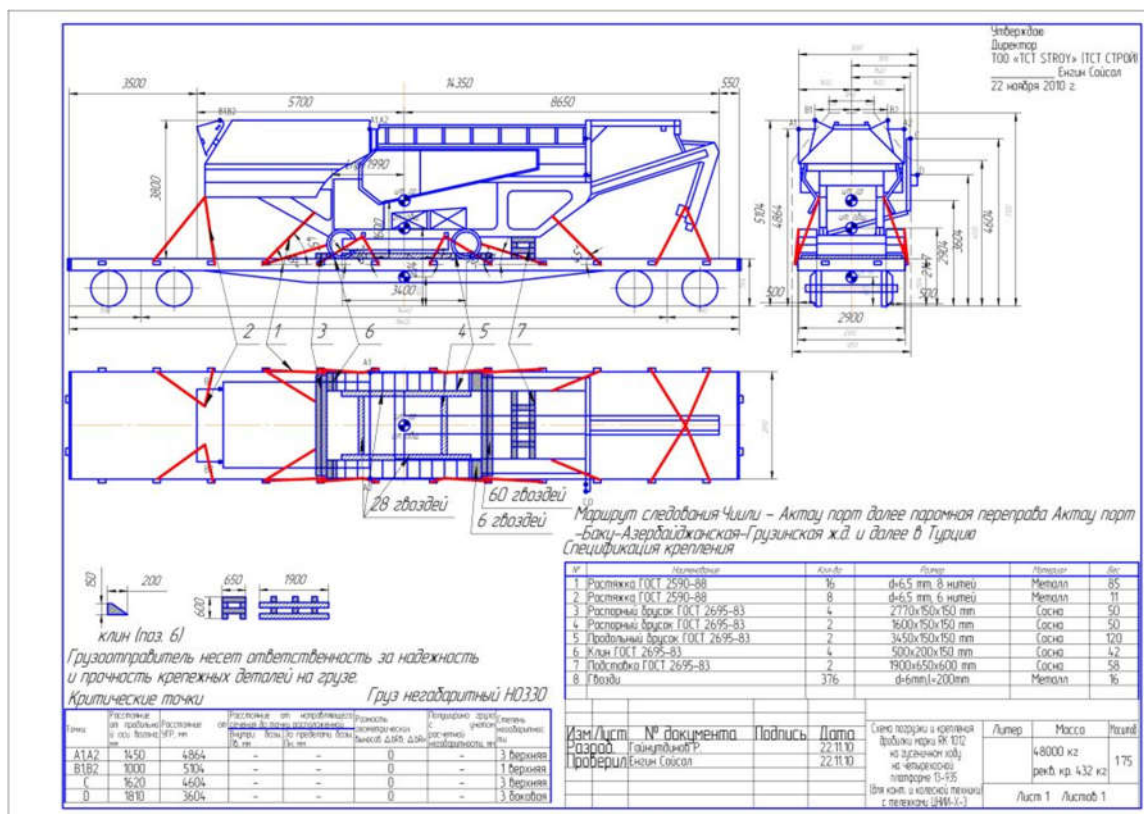


Рис. 2 - Проектно-конструкторская работа маршрута следования Чилии - Актау порт

Fig. 2 - Design work of the route Chiili - Aktau port

Выбрать подходящее транспортное средство и оптимальный маршрут для перевозки негабарита помогут транспортные или логистические компании, специализирующиеся на данном рода услугах. Кроме того, они отвечают за оформление различных бумаг и документов, необходимых для осуществления транспортировки негабаритных грузов.

Порядок оформления автодоставки включает в себя оформление различных необходимых документов, например:

- товарно-транспортной накладной;
- счета-фактуры, если речь идет о перевозке товаров;
- сертификатов происхождения для товаров импортного производства;
- разрешений или лицензий;
- гарантийного письма об оплате в случае, если оплата за доставку будет произведена после доставки получателю;
- страхового полиса, если это требуется.

Выбор оптимальных маршрутов транспортировок зависит от специфики груза, его размеров и назначения. Особую сложность представляет выбор маршрута для крупногабаритных или негабаритных грузов.

Выбор маршрута перевозки груза преследует главную цель - обеспечить безопасность транспортировки груза и надлежащие условия его перевозки. Также оптимальный выбор маршрута перевозки грузов позволяет обеспечить безопасность других участников дорожного движения. Особенное значение этот фактор имеет для негабаритных грузов. Маршрут перевозки уникально тяжелого груза должен быть составлен так, чтобы не допустить повреждения других автомобилей или дорожного покрытия.

За обеспечение безопасности негабаритного груза во время транспортировки отвечает фирма-перевозчик и непосредственно водитель, выполняющий рейс. Однако зачастую

этого бывает недостаточно, поскольку отправитель хочет перестраховаться, чтобы полностью быть уверенным в том, что дорогостоящий груз будет доставлен в пункт назначения вовремя в целости и сохранности. В таких случаях транспортные компании предлагают воспользоваться услугой сопровождения негабарита.

В сопровождении груза участвуют так называемые «автомобили прикрытия» - транспортные средства, оснащенные специальными сигналами, а в некоторых случаях и спецмаркировкой. Таким образом, присутствие автомобилей

прикрытия оповещает всех участников дорожного движения о том, что производится транспортировка негабарита, соблюдается особый скоростной режим и другие правила перевозки негабаритного груза.

Требования, предъявляемые к перевозке негабаритных и крупногабаритных грузов, подразделяются на несколько групп, исходя из размеров и габаритов груза. Для получения более подробной и четкой картины в таблице 2 представлены требования к перевозке негабаритных и крупногабаритных грузов.

Таблица 2 - Требования к перевозке негабаритных и крупногабаритных грузов
Table 2 - Requirements for the transportation of bulky and bulky goods

Параметры автопоезда с грузом	Изменения параметра	Необходимость разрешения	Автомобиль прикрытия	Патрульный автомобиль
Длина автопоезда с грузом (м)	20-24	необходимо		
	24-30	необходимо	необходимо	
	30 и более	необходимо		необходимо
Ширина автопоезда с грузом (м)	2,55-3,49	необходимо		
	3,50-3,99	необходимо	необходимо	
	4 и более	необходимо		необходимо
Высота автопоезда с грузом (м)	4,00-4,49	необходимо		
	4,50 и более	разработка маршрута в зависимости от препятствий с привлечением спецтехники по подъему электросетей и т.д.		
Вес автопоезда с грузом (т)	38-44	необходимо		
	44 и более	разработка спецпроекта		

Документы по оформлению негабаритных грузов должны охватывать все детали грузоперевозки.

При подготовке и в процессе транспортировки груза это помогает учесть все возможные обстоятельства, доставить груз в срок и в надлежащем виде.

В договоре оформления грузоперевозки фиксируются сведения о составе организаций, которые

согласовывают маршрут, условия транспортировки, показатели используемых транспортных средств. Договор оформления грузоперевозки также должны определять организационные обязанности сторон.

Каждый договор о перевозке грузов автотранспортом составляется индивидуально, с учетом особенностей груза, маршрута, наличия включенных

услуг - экспедирования, охраны, погрузочных и разгрузочных работ.

В том случае, если заказчик-грузоотправитель желает застраховать груз, к документам грузоперевозки также прилагается страховой договор. Условия договора перевозки грузов могут зависеть от количества получателей груза. Если получатель один, грузоперевозка называется централизованной. Договор оформления негабаритного груза в этом случае заключается компанией-перевозчиком и отправителем груза. Когда же получателей груза несколько, грузоперевозка является децентрализованной. Договор перевозки груза транспортом компания-перевозчик оформляет с каждым получателем.

Вывод. Одним из главных факторов успеха транспортировки любого негабаритного груза является соблюдение требований, предъявляемых к перевозке негабаритных и крупногабаритных грузов, выбору оптимальной транспортно-технологической схемы осуществления перевозки и подготовка всех необходимых разрешительных документов. Ведь здесь необходимо получить разрешение на

осуществление негабаритной перевозки, разрешение на движение негарабитного груза по дорогам каждой из стран, по которой будет движение автомобиля. Например, в случае перевозки негарабитного груза в Казахстан из Украины по суше, разрешение на движение потребуется получить в Украине, Белоруссии, России, и, конечно, Казахстане. На данном этапе соответствующие инстанции проводят комплекс работ, которые включают анализ технического состояния автомобиля, с помощью которого будет проводиться транспортировка. Также производится составление маршрута с учетом характеристик такого автомобиля, технических и габаритных размеров перевозимого груза, пропускной способности дорог, схем крепления и фиксации на борту автонегабарита. Как Вы понимаете, уже на этапе проектирования грузоперевозки крупногабаритных (негабаритных) грузов в Казахстан необходимо владеть точными размерами груза, весовыми габаритами. Неточности могут стоить достаточно дорого!

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах.- М: «Юртранс», 2003.
- [2] Сафиуллин Р.Р. Особенности перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов. Порядок оформления разрешений на проезд. 2015
- [3] Нормативное правовое регулирование автомобильных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов// Автотранспортное предприятие № 4, 2010.
- [4] Грачев К.Д. Особенности автомобильных перевозок крупногабаритных грузов. 2017

REFERENCES

- [1] Tekhnicheskiye usloviya razmeshcheniya i krepleniya gruzov v vagonakh i konteynerakh. -M: «Yurtrans», 2003g.
- [2] Osobennosti perevozki negabaritnykh i tyazhelovesnykh gruzov. Poryadok oformleniya razresheniy na proyezd. Safiullin R.R., 2015
- [3] Normativnoye pravovoye regulirovaniye avtomobil'nykh perevozok krupnogabaritnykh i tyazhelovesnykh gruzov// Avtotransportnoye predpriyatiye № 4, 2010
- [4] Osobennosti avtomobil'nykh perevozok grupnogabaritnykh gruzov. Grachev K.D., 2017

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕВОЗКИ НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Мусалиева Роза Джалиловна, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, e-mail: roza.mussaliyeva@mail.ru

Файзулла Газиз Сейдаллаулы, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, e-mail:faizylla@gmail.com

Рсалыулу Дастан, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, e-mail:rysalyuly@gmail.com

АВТОМОБИЛЬ КӨЛІГІ АРҚЫЛЫ АУЫР САЛМАҚТЫ ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мусалиева Роза Джалиловна, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының т.ғ.к., ассоц. профессоры, Алматы, Қазақстан, e-mail: roza.mussaliyeva@mail.ru

Файзулла Ғазиз Сейдаллаұлы, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: faizylla@gmail.com

Рсалыулу Дастан, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының магистранты, Алматы, Қазақстан, e-mail: rysalyuly@gmail.com

Аңдатпа. Бұл мақалада зерттеу нысаны - бұл үлкен көліктік жүйе. Бұл зерттеудің мақсаты қазіргі уақыттағы жүк тасымалын ұйымдастыруды зерделеу және габаритті емес тасымалдауды ұйымдастыру және өткізу кезінде ескерілуі керек негізгі бөлшектерді бөліп көрсету болып табылады. Негізгі ұғымдарды анықтау аспектілері, габаритті емес жүктерді тасымалдау және дайындау процесінің ерекшеліктері, маршрутты таңдау, жүктерді автомобильмен тасымалдау ережелері, сондай-ақ жүк тасымалы туралы құжаттау және оны барлық мүдделі ұйымдармен үйлестіру ашылды.

Бұл қызмет түріне мамандандырылған көліктік немесе логистикалық компаниялар сізге дұрыс көлік құралын және үлкен емес тасымалдаудың оңтайлы бағытын таңдауға көмектеседі. Оңтайлы тасымалдау маршрутты таңдау жүктің ерекшелігіне, оның мөлшері мен мақсатына байланысты болады. Үлкен немесе габаритті емес жүктердің бағдарын таңдау ерекше қиындық тудырады. Үлкен габаритті емес жүктерді тасымалдау кезінде қолданыстағы заңдарда белгіленген ережелер сақталуы керек. Тасымалданатын габаритті емес жүкті орналастыру және сақтау тәртібі қатаң сақталуы керек. Қажетті растайтын құжаттар, сондай-ақ габаритті емес жүктерді тасымалдауға рұқсаттардың болуы қажет. Осылайша, габаритті емес тасымалдау жүк тасымалдаудың ең күрделі түрлерінің бірі болып саналады.

Түйін сөздер: автомобиль көлігі, габаритті емес жүк, маршрутты таңдау, тасымалдау технологиясы.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.218-224

ORGANIZATION OF INTERCITY AND INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT

YEbesova Asem, assistant teacher, Kazakh Academy of transport and communication named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; A.ebesova@mail.ru

Baiburaeva Janat, Master's student of the Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty

Zhanbirov Zhumazhan, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; Janbirov_jg@mail.ru

Abstract. Interstate regulation of international road transport (map) is provided through bilateral and multilateral agreements. In connection with the expansion of international trade, multilateral treaties are becoming increasingly important, for the implementation of which special international organizations are created. The main normative documents in the field of map regulation are prepared within the framework of the UN economic Commission for Europe (UNECE), which is located in Geneva. Legal documents of the European Union are divided into groups [1]:

- conventions (contracts) – documents that define mandatory requirements for compliance by the signatories. Treaties are usually agreed upon and approved by national parliaments where necessary in order to comply with domestic legislation;

- rules – documents that are binding in all countries of the European Union, regardless of domestic legislation. However, the penalties imposed for violating the rules are determined by the legislation of a particular country;

- directives-define the required level of requirements and limit the means to achieve them;

- definitions-are usually made for specific problems, the scale of which is local (for example, insufficient capacity at a specific customs crossing). Definitions are mandatory for all countries to which they are addressed;

- recommendations and opinions-developed by the Council of the European Union or the UNECE and are binding.

With the linked method of movement, each PBX goes all the way from the start to the end point and back. The vehicle, and therefore the driver, is on the flight for a long time. In this case, the organization of the driver's work is subject to special requirements related to the need to ensure BDD.

With the system of tour driving, the PBX is served by two drivers during the entire turn. Tour driving in comparison with single driving provides a reduction in turnaround time, since some drivers can rest while driving the PBX on a specially equipped berth.

The organization of traffic with a change of driver allows you to eliminate downtime associated with long rest of the crew, but requires additional costs for placing or hiring drivers along the route route.

Keywords: international transport, intercity transportation, convention, organization of movement, the system

УДК 65.012

А.Б. Ебесова¹, Ж. Байбураева¹, Ж.Г. Жанбирова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. Межгосударственное регулирование международных автомобильных перевозок (МАП) обеспечивается посредством двусторонних и многосторонних договоров. В связи с расширением международной торговли все большее значение приобретают многосторонние договоры, для реализации которых создают специальные международные организации. Основные нормативные документы в области регулирования МАП готовятся в рамках экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН), которая располагается в Женеве [1].

Ключевые слова: международные перевозки, междугородные перевозки, конвенция, организация движения, система.

Международные автомобильные перевозки выполняются на основе разрешений. Порядок и условия получения разрешений в большинстве случаев определяются двусторонними соглашениями о международном автомобильном сообщении, заключенными между государствами на уровне правительств.

Международные автомобильные перевозки выполняются на основе разрешений. Порядок и условия получения разрешений в большинстве случаев определяются двусторонними соглашениями о международном автомобильном сообщении, заключенными между государствами на уровне правительств.

В настоящее время Минтранс на основе подписанных межправительственных соглашений ежегодно согласовывает со странами разрешения для международных перевозчиков. Это позволяет, ограничивая число разрешений, регулировать важный для экономики страны рынок МАП, защищать интересы перевозчиков [3].

Для обеспечения возможности получения объективной информации о режимах работы ПС при осуществлении МАП АТС с разрешенной максимальной массой более 3,5т должны быть оснащены контрольными устройствами [4].

Тахограф – это контрольное устройство для непрерывной регистрации пройденного пути и скорости движения

АТС, времени работы и отдыха водителя. *Тахограммы* (регистрационные листки) представляют собой картонные диски и используются для документальной регистрации режимов движения АТС в тахографах.

В последнее время дисковые тахографы постепенно заменяются электронными. Диск тахограммы дублирует специальная идентификационная пластиковая карточка водителя с его фотографией, на которую записывается информация о режимах движения ПС в течение длительного времени. Сам электронный тахограф, похожий на автомобильную магнитола, оснащен объемом памяти, которой достаточно для хранения информации в течение 1 года эксплуатации. Одновременно в тахограф могут быть установлены две карточки. [5].

Электронный тахограф будет предупреждать водителя, если тот превысит допустимое время безостановочного или суточного вождения. Соответственно предусмотрено и много дополнительных функций: например, вывод информации на принтер, подключение к спутниковой связи и автоматическая передача данных в АТО, противоугонные функции и т.п. [6]

Междугородные и международные перевозки имеют ярко выраженные отличительные признаки, такие как большие расстояния перевозки, длительная работа вдали от производственной базы, высокая стоимость перевозимых грузов, более сложная система оформления путевой документации, связанная с таможенными формальностями. По этой причине и с учетом особых требований к подвижному состав (ПС) для выполнения таких перевозок они, как правило, выполняются специализированными АТО.

Результаты исследования. Маршруты движения при междугородных и международных автомобильных перевозках грузов называются *автомобильными линиями*. Основная особенность автомобильных линий

заключается в том, что, в связи с большой протяженностью, оборот подвижного состава (ПС) может составлять несколько суток. Это осложняет работу водителей, отрывая их на значительный срок от места нахождения АТО и проживания, затрудняет проведение технического обслуживания ПС и организации движения и работы водителей. Необходимо определить время оборота, которое складывается из следующих составляющих:

$$T_o = t_{\text{дв}} + t_{\text{п-р}} + t_{\text{от}} + t_{\text{то}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{др}} \quad (1)$$

где $t_{\text{дв}}$ – время движения; $t_{\text{п-р}}$ – время на выполнение ППП; $t_{\text{от}}$ – время отдыха водителей (включая кратковременные перерывы); $t_{\text{то}}$ – время на выполнение технического обслуживания и ремонта подвижного состава в пути следования; $t_{\text{пр}}$ – время простоев на таможенных переходах, карантинных пунктах и т.п.; $t_{\text{др}}$ – время простоя подвижного состава, связанные с другими причинами.

При участковом методе движения автомобильную линию разбивают на отдельные участки. Подвижной состав работает только на отдельных участках. Груз на стыках участков (оборотных пунктах или грузовых терминалах) передается, а ПС возвращается на начальный пункт своего участка.

Протяженность участка выбирается исходя из условия, чтобы время оборота АТС составляло 1 - 1,5 продолжительности смены водителя. Это позволяет водителю в тот же день возвращаться к месту постоянной работы. Тогда длина участка движения может быть определена по следующей формуле:

$$L_{\text{уч}} = T_{\text{мвэ}}/2 \quad (2)$$

Число АТС для работы на каждом участке:

$$Aэ = Q_{сут} / K_{сп} \times q_n \times n_o, \quad (3)$$

где $Q_{сут}$ – суточный объем перевозок; $K_{сп}$ – коэффициент использования грузоподъемности; q_n – номинальная грузоподъемность автопоезда; n_o – число оборотов, выполняемых автопоездом за смену.

Организация перевозок участковым методом без перегрузки груза путем

перцепки полуприцепов называется перевозкой по системе тяговых плеч и позволяет существенно повысить их эффективность.

При выполнении междугородных перевозок по территории Российской Федерации действуют сроки доставки грузов, приведенные в таблице (сроки доставки, сут) [7]:

Таблица 2- Сроки доставки грузов
Table 2- Terms of cargo delivery

Расстояние перевозки, км	Помашинные отправки	Контейнеры и мелкие отправки
До 200	1	2
200...400	1,5	3
Свыше 400 за каждые полные или неполные 250км	+1	+1

В соответствии с Уставом АТ за каждые сутки опоздания по вине перевозчика с него может взиматься штраф в размере 12% провозной платы, но не более 60% общей стоимости перевозки.

Для гарантированного соблюдения срока доставки при устойчивых грузопотоках организуют движение ПС по расписанию (регулярные автомобильные линии).

Правило ЕЭК ООН № 49 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателя с воспламенением от статьи и двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе (СНГ), и транспортных средств, оснащенных

двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающим на СНГ, в отношении выделяемых или загрязняющих веществ» накладывает ограничения на токсичность отработавших газов двигателя АТС.

Автотранспортное средство, отвечающее требованиям Евро – 1, обозначается буквой U (umwelt) белого цвета в зеленом кружке, размещаемом на кабине, а требованиям Евро – 2 – S (supergrun).

Требования ЕЭК ООН к выбросам загрязняющих веществ для тяжелых грузовых АТС с дизелем, г/(кВт. ч).

Таблица 3- Стандарты
Table 3- Standards

Стандарт (год)	СО	СхНу	NOx	Сажа	Дымность, м-1
Евро – 0 (1988)	11,2	2,4	14,4	-	-
Евро – 1 (1992)	4,5	1,1	8	0,36	-
Евро – 2 (1996)	4	1,1	7	0,15	-
Евро – 3 (2000)	2,	0,66	5	0,1	0,8
Евро – 4 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Евро – 5 (2008)	1,5	0,46	2	0,02	0,5

Правило ЕЭК ООН № 51 (ГОСТ Р 41.51 - 2004) «Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым или шумом» накладывает ограничения на уровень шума, производимого АТС. Уровень внешнего шума при разгоне АТС с двигателем мощностью более 150кВт не должен превышать 80 дБ, а при вывеске сжатого воздуха из пневматической системы в атмосферу – не более 72 дБ. Автотранспортное средство, отвечающее этим требованиям, обозначается буквой L (lagmarn) белого цвета в зеленом кружке на кабине. Грузовики с еще более низким уровнем шума обозначаются буквой G (gerauscharm).

Комиссией по транспорту Европейского сообщества установлены следующие ограничения на габаритные размеры грузовых АТС (Директивы 85/3, 86/360, 88/218, 89/338, 89/460, 89/461, 91/60, 96/53 УС и стандарт ISO 1726):

- высота не более 4м;
- ширина не более 2,55м (2,6м для рефрижераторов и ПС с изотермическими кузовами);

- длина для одиночного АТС не более 12м, для тягача с полуприцепом – 16,5м, для автопоезда с одним прицепом – 18,75м, с двумя прицепами – 25,9м;

- минимальный дорожный просвет не менее 160мм и не менее 190мм, если расстояние между осями прицепа более 11,5м;

- автопоезда с полуприцепом, общая длина которых превышает 15,5м, должны обладать способностью выполнять разворот внутри концентрических окружностей радиусом 12,5 и 5,3м (кроме АТС, перевозящих автомобили).

Ограничения на габаритные размеры, полные массы и допустимые осевые нагрузки в отдельных странах могут существенно отличаться от стандартов Европейского союза. Директивы ЕС не обеспечивают полного согласования, а лишь устанавливают определенную норму, которая должна быть принята каждым государством. Однако отдельные страны оставляют в силе национальные нормативы, чтобы не допустить снижения эффективности перевозок или учесть местные дорожные условия. Например, в Бельгии допускается ширина АТС до 2,6м, в Голландии максимальная полная масса для шестисосного ПС составляет 50т, а в Финляндии для трехзвенного автопоезда – 60т.

Согласно Директиве 3821/85 ЕС грузовые АТС, используемые для коммерческих перевозок, полной массой более 3,5т должны быть оснащены аттестованным в Европейском союзе тахографом . Автотранспортные средства полной массой более 12т, согласно Директивам 92/6, 92/24 ЕС. должны иметь ограничитель скоростного режима, настроенный на предельную скорость 86км/ч.

Таблица 4 - Весовые ограничения Европейского союза [9].

Table 4 - Weight restrictions of the European Union [9].

Конструктивная схема	Полная масса, т	Распределение полной массы по осям, т
Двухосный одиночный автомобиль	18	Передняя ось – 6,5, задняя ось - Н,5
Трехосный одиночный автомобиль	25(26)	Передняя ось – 7, задняя тежка - 11,5
Четырехосный одиночный автомобиль	30 (32)	Передняя ось – 7, вторая ось -7, задняя тележка-18 (19)
Четырехосный прицепной автопоезд	28	Тягач: передняя ось-6,5, задняя ось-11,5, прицеп-10
Трехосный седельный автопоезд	36	Тягач: передняя ось-6,5, задняя ось-11,5, тележка полуприцепа-18
Четырехосный седельный автопоезд	36*	Тягач: передняя ось-6,5, задняя ось-11,5, тележка полуприцепа-18

Пятиосный седельный автопоезд	40**	Тягач: передняя ось-6,5, задняя ось-11,5, три оси полуприцепа-22
Шестиосный седельный автопоезд	44	Тягач: передняя ось-7, задняя тележка-13, три оси полуприцепа-22

Выводы. При связанном методе движения каждое АТС проходит весь путь от начального до конечного пункта и обратно. Автотранспортное средство, а. следовательно, и водитель находятся в рейсе продолжительное время. В этом случае к организации работы водителя предъявляются особые требования, связанные с необходимостью обеспечения БДД.

При системе турной езды АТС в течение всего оборота обслуживают два

водителя. Турная езда по сравнению с одиночной обеспечивает сокращение времени оборота, так как частично водители могут отдыхать во время движения АТС на специально оборудованном спальном месте.

Организация движения со сменой водителя позволяет исключить простои, связанные с длительным отдыхом экипажа, но требует дополнительных затрат на размещение или найм водителей по трассе маршрута.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Годовой отчет. Измерение и мониторинг эффективности коридоров в 2014 г., АБР, 2015
- [2] Итоговый отчет по результатам совместного выезда СТК «KAZLOGISTICS» и КТК МФ РК в период с 11 по 28 мая 2014 г. для проведения ВТОРОГО ЭТАПА «Бекет»: «Хронометраж времени совершения таможенных операций в автомобильных пунктах пропуска операций на казахстанско-китайской границе», 2014 г.
- [3] Нестеренко И.С. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: Учеб. пособие. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. — 108 с
- [4] Программа поэтапной либерализации выполнения перевозчиками, зарегистрированными на территории одного из государств – членов Евразийского экономического союза, автомобильных перевозок грузов между пунктами, расположенными на территории другого государства – члена Евразийского экономического союза, на период с 2016 по 2025 годы
- [5] Сологуб Д.М. Грузовые автомобильные перевозки. Ч.1. Основы теории транспортного процесса. — Киев, 1997. — 180 с

REFERENCES

- [1] *Izmerenie i monitoring effektivnosti koridorov* [In Russian: Annual report measuring and monitoring corridor performance in 2014, ADB, 2015
- [2] *Itogovyi otchet po rezul'tatam sovmestnogo vyezda* [In Russian: Final report on the results of the joint departure of STK "KAZLOGISTICS" and CPC of the Ministry of Finance of the Republic of Kazakhstan in the period from 11 to 28 may 2014 for the SECOND stage of "Becket": "Timing of customs operations at road checkpoints on the Kazakh-Chinese border", 2014.
- [3] Nesterenko I. S. *Organizatsiia perevozochnykh uslug i bezopasnost transportnogo protsesssa* [In Russian: Organization of transportation services and safety of the transport process: Studies, manual. Omsk: Omstu publishing House, 2006. - 108 s
- [4] *Programma po etapnoi liberalizatsii vypolneniia perevozchikami* [In Russian: the program of gradual liberalization of road transport of goods by carriers registered on the territory of one of the member States of the Eurasian economic Union between points located on the territory of another member state of the Eurasian economic Union for the period from 2016 to 2025
- [5] Sologub D. M. *Gruzovye avtomobilnye perevozki* [In Russian: Cargo automobile transportation] Part I. fundamentals of the theory of the transport process. - Kiev, 1997. - 180 s

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Ебесова Асем Бейбитовна, ассистент – преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; A.ebesova@mail.ru

Байбураева Жанат, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

Жанбирова Жумажан Гиниятович, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; Janbirov_jg@mail.ru

ҚАЛААРАЛЫҚ ЖӘНЕ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АВТОКӨЛІК ТАСЫМАЛДАРЫН ҰЙЫМДАСТЫРУ

Ебесова Асем Бейбитовна, ассистент – оқытушы, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, A.ebesova@mail.ru

Байбураева Жанат, магистрант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан,

Жанбирова Жумажан Гиниятович, ғ.т.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, Janbirov_jg@mail.ru

Аңдатпа. Халықаралық автомобиль тасымалдарын (ПТӘ) мемлекетаралық реттеу екі жақты және көп жақты шарттар арқылы қамтамасыз етіледі. Халықаралық сауданың кеңеюіне байланысты іске асыру үшін арнайы халықаралық ұйымдар құратын көпжақты шарттар үлкен маңызға ие болады. ПТӘ реттеу саласындағы негізгі нормативтік құжаттар Женевада орналасқан БҰҰ Экономикалық комиссиясы (БҰҰ ЕЭК) шеңберінде дайындалады. Еуропалық Одақтың заңнамалық құжаттары топтарға бөлінеді [1]:

- конвенциялар (шарттар) – оларға қол қойған тараптар орындауға міндетті талаптарды айқындайтын құжаттар. Шарттар әдетте келісіледі және қажет болған жағдайларда ішкі заңнамамен келісу үшін Ұлттық парламенттермен бекітіледі;

- ереже - Еуропалық одаққа кіретін барлық елдерде ішкі заңнамаға қарамастан орындауға міндетті құжаттар. Алайда, ережелерді бұзғаны үшін салынатын айыппұл станциялары нақты елдің заңнамасымен айқындалады;

- директивалар - талаптардың қажетті деңгейін анықтайды және оларға қол жеткізу үшін қаражатты шектейді;

- анықтамалар - әдетте ауқымы жергілікті сипатқа ие нақты проблемалар бойынша енгізіледі (мысалы, нақты кеден өткеліндегі өткізу қабілетінің жеткіліксіздігі). Анықтамалар олар жолданған барлық елдер үшін міндетті;

- ұсыныстар мен пікірлер-Еуропалық Одақ Кеңесі немесе БҰҰ ЕЭК әзірлейді және міндетті күші бар.

Түйін сөздер: халықаралық тасымалдар, қалааралық тасымалдар, конвенция, қозғалысты ұйымдастыру, жүйе.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.224-233

IMPROVEMENT OF THE LEGISLATIVE FRAMEWORK AS A NECESSARY CONDITION FOR THE DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY OF ROAD CARGO TRANSPORTATION IN KAZAKHSTAN

Natalya Kulagina, M.A. graduate student, Kazakh-German University, Almaty, Kazakhstan
n.kulagina@inbox.ru

Dinara Tyulyubayeva, Associate Professor, Candidate of Sciences in Technics, Kazakh-German University, Almaty, Kazakhstan, tyulyubayeva@dku.kz

Abstract. Road transport is an important part of the economy of Kazakhstan. Road freight is often the only possible alternative, which is especially important for a country with such a large territory and low population density, thus, road freight transport provides the opportunity for the development of other sectors of the economy. Compared to other modes of transport, the market for road transport services in Kazakhstan is most liberalized. This degree of independence of the industry from state regulation gives advantages to road transport companies and is at the same time a constraining factor in their development. A large number of Kazakhstan truck owners are small and medium-sized enterprises with limited possibilities of investment in updating fleets, which in its turn inhibits their development and modernization and, as a result, inhibits the development of the industry as a whole.

This article discusses the impact of legislative norms, in particular in the context of limiting liability for loss, shortage and damage (spoilage) of cargo during international carriage of goods by road on the efficiency of Kazakhstan's road freight carriers. In general, the legislative framework that defines the legal and organizational aspects of the activities of road transport is formed; however, the harmonization of national transport laws with international standards is important. According to the

authors of the article, there is the need to ratify the Protocol to the Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR Convention), signed in Geneva on July 5, 1978. Currently, among post-soviet countries Armenia, Belarus, Georgia, Kyrgyzstan, Russia, Turkmenistan, Uzbekistan, Estonia, Latvia, and Lithuania have joined the Protocol of 1978. Not joined: Azerbaijan, Kazakhstan, Ukraine, and Tajikistan. [11] The fact that Kazakhstan did not join the 1978 Protocol puts Kazakhstan carriers in unequal economic conditions with carriers from other countries.

Keywords: limitation of the carrier's liability, problems of the road freight transport industry in Kazakhstan, unification of national and international norms, the Convention on the Contract for the International Road Carriage of Goods (CMR), Protocol to the CMR Convention of July 5, 1978.

УДК 656.045.3

Н.С. Кулагина¹, Д.М. Тюлюбаева¹

¹Казахстанско-Немецкий Университет, г. Алматы, Республика Казахстан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В данной статье рассмотрено влияние законодательных норм, в частности в разрезе ограничения ответственности за утрату, недостачу и повреждение (порчу) груза при международных перевозках грузов автомобильным транспортом на эффективность казахстанских автомобильных грузоперевозчиков и развитие отрасли автомобильных грузоперевозок в целом.

Рассмотрен вопрос необходимости ратификации Протокола к Конвенции о договоре международной дорожной перевозки от 5 июля 1978 г.

Ключевые слова: ограничение ответственности перевозчика, проблемы отрасли грузовых автомобильных перевозок в Казахстане, унификация положений национальных и международных норм, Конвенция о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ), Протокол к Конвенции КДПГ от 5 июля 1978 г.

Введение. Грузовые автомобильные перевозки являются важным элементом экономики Казахстана.

По данным Комитета РК по статистике, на конец сентября 2018 года в бизнес-реестре юридических лиц и филиалов Республики Казахстан зарегистрировано 5532 предприятия с основным видом экономической деятельности связанной с грузовыми перевозками автомобильным транспортом и услугами по перевозкам. На конец 2017 года количество зарегистрированных предприятий составляло 5070 единиц, что на 12,7% выше уровня 2016 года [1].

Рост числа предприятий создает положительную динамику в формировании рабочих мест, отчислений в бюджет в виде налогов.

Автомобильный транспорт играет важную роль в цепях поставок грузов, будучи задействованным в обслуживании практически всех отраслей экономики. Преимущества грузового автотранспорта очевидны при необходимости перемещения груза на короткие расстояния, а зачастую автотранспорт является единственным способом доставки. Также значимым преимуществом является оперативность автомобильного транспорта и возможность обеспечить доставку нескольким грузополучателям в разных населенных пунктах по пути следования. Другие виды транспорта такими возможностями не обладают.

Автомобильным транспортом Казахстана в 2017 году было перевезено 82,4% общего объема грузов, перевозимых

всеми видами транспорта. В то же время в общем грузообороте всех видов транспорта доля автомобильного транспорта составляет 29,5%. Стоит отметить, что доля автомобильного транспорта в мировом объеме грузоперевозок составляет всего 13% [1].

Среди стран ЕАЭС в первом полугодии 2019 года грузооборот автомобильного транспорта увеличился на 7,5% в сравнении с первым полугодием 2018 года, при этом в Казахстане – на 8,7% [2].

В Республике Казахстан 95% предприятий, выполняющих перевозки грузов, относятся к категории малых предприятий с числом, работающих менее 50 человек. 90% грузовых перевозок осуществляется автотранспортом частных предпринимателей с парком 1-2 автомобиля, и только 10% перевозится автотранспортными компаниями, выполняющие коммерческие перевозки грузов.

Вместе с тем, инвестиции в автотранспортную сферу в Казахстане по-прежнему остаются на низком уровне и не превышают 6,5 млрд. тенге в год, что, несомненно, сдерживает обновление автопарка. У белорусских предприятий 80% парка соответствует нормам Евро-4 и Евро-5, а у казахстанских и российских перевозчиков – менее 50% и 40% соответственно. Интерес также представляют и способы приобретения транспортных средств – для Казахстана характерно приобретение транспортных средств в собственность [3].

Таким образом современное состояние и количество автомобильного грузового парка Казахстана не позволяет выполнять стоящие перед ним задачи.

При этом часть проблем могут быть решены путем гармонизации законодательной системы. В настоящее время в целом законодательная база, определяющая правовые и организационные аспекты деятельности автомобильного транспорта сформирована. Вместе с тем существуют пробелы,

влияющие на эффективность работы автопредприятий.

Формирование автотранспортной отрасли в Республике началось в 1990х годах с обретением Казахстаном независимости. Если сравнивать как происходило формирование в Казахстане и в соседних странах таких, как Россия и Белоруссия, то в Казахстане изначально сегмент автомобильных грузоперевозок формировался за счет собственных средств частных предприятий, а «Россия и Беларусь таких проблем не испытывали, потому что у них автоперевозки начали культивироваться с 1975 года. Ежегодно союзный бюджет выделял денежные средства, что позволяло приобретать по 3 тыс. западноевропейских авто. И к 1991 году у этих стран за плечами уже были 16-летний опыт работы, наработанный валютный капитал, кадровый потенциал и клиентура. Они имели крупные предприятия с численностью в 200-300 машин. А у нас, к сожалению, такого резерва не было» [4].

По прошествии многих лет казахстанские автотранспортные перевозчики по-прежнему имеют финансовые сложности, не позволяющие им обновлять и пополнять свои автопарки, отсутствуют механизмы предоставления скидок на приобретение грузовых автомобилей иностранных производителей, а также собираемых на территории РФ. Приобретение автомобилей из других стран затруднено высокими таможенными пошлинами [5].

В ситуации недостаточной оснащенности автопарков отечественный автопром не готов к покрытию потребности в автотранспорте, предназначенном для грузовых перевозок в Казахстане. Импорт в Казахстан в среднем превышает объемы производства в четыре раза [6].

Несмотря на это, для защиты производства, были приняты ряд мер, которые с одной стороны защищают отечественный автопром, но с другой – перекрывают доступ перевозчикам к

импорту автотранспортных средств. Создается ситуация, когда преференции для одного сектора экономики мешают развитию другого сектора, в данном случае - отрасли автомобильных грузоперевозок.

«Надо отметить, что усилиями отраслевых ассоциаций и при поддержке Министерства по инвестициям и развитию сделаны первые шаги по разрешению сложившейся ситуации с закупом АТС. Так, проводится работа по снижению ставки сбора за первичную государственную регистрацию для грузовых автомобилей сроком эксплуатации от 5 до 7 лет для международных автомобильных перевозок, ввозимых из третьих стран, до 400 МРП. Это позволило бы казахстанским перевозчикам увеличить парк автотранспортных средств ежегодно на 500 – 600 единиц» [6].

Другим препятствием для развития автопредприятий является работа транспортного контроля. Так, по словам директора транспортной компании Alem Trans Group Владимира Степченко отсутствие слаженной работы транспортного контроля порождает недобросовестную конкуренцию с перевозчиками из третьих стран, которые перевозят грузы в Казахстан не обладая трехсторонними разрешениями, что усугубляется также тем фактом, что со вступлением в Таможенный союз транспортный контроль с государственной границы Республики Казахстан был снят и перенесен на внешние границы союза [7].

По проблеме транспортного контроля и обновлению парков высказывался и бывший генеральный секретарь КазАТО Теодор Каплан: "От того, как будет работать транспортный контроль, зависит и финансовое состояние предприятий. При нормальном контроле будет и соответствующая цена на фрахт и, конечно, будут появляться средства на обновление автопарков» [8].

К настоящему моменту удельный вес казахстанских перевозчиков в общем объеме международных автомобильных

перевозок увеличился с 46,4% до 52,6%, таким образом достигнув цели, предусмотренной Государственной программой развития и интеграции инфраструктуры транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года [6].

Однако на фоне роста перевозок грузов в целом международные перевозки грузов (без учета объемов по ЕАЭС) в последние годы существенно снизились. Согласно данным Комитета транспорта, МИР РК, падение составило в 2014 году – 8,5%, в 2015 – 25,9% и в 2016 – 23,8% [6].

При этом в международном сообщении продолжают перевозиться автомобильным транспортом именно дорогостоящие и высоколиквидные грузы.

Для автомобильных грузоперевозчиков это риски и финансовые потери, которые опять же лимитируют возможности автопредприятий развивать и увеличивать автопарки. Проблематика данного вопроса рассматривалась «Ассоциацией национальных экспедиторов Республики Казахстан».

В отчете Ассоциации было отмечено, что несмотря на то, что законодательно предусмотрена возможность страхования грузов и ответственности по договору перевозки эти виды страхования остаются мало востребованными, так как во-первых, высокий уровень ответственности перевозчика напрямую влияет на увеличение размеров страховых выплат и, соответственно, делает этот вид страхования малопривлекательным для перевозчиков. Таким образом перевозчики в Казахстане в большинстве своем не используют существующую систему страхования ответственности и их риски остаются незастрахованными. Грузовладельцы в свою очередь, не желая повышать себестоимость товаров также отказываются от осуществления страхования грузов, перекладывая таким образом ответственность на перевозчиков.

В Казахстане стоимость груза определяется на основании цены, указанной в инвойсе продавца или в

договоре поставки. Таким образом, законодательство РК ставит перевозчиков в куда более жёсткие рамки, чем в других странах, закрепляя полную материальную ответственность перевозчика за утрату, недостачу или повреждение груза перед грузовладельцем.

Однако и грузовладельцы в данном случае не избегают рисков полностью, так как ответственность перевозчика наступает только, если вина его доказана. Другими словами, если гибель или повреждение груза произошло, например, по вине противоправных действий третьих лиц (хищения), то законодательство снимает с перевозчика ответственность перед грузовладельцем.

При этом в отчете отмечено, что лимитирование ответственности перевозчика по принципам КДПГ могло бы стать стимулом к развитию рынка страхования грузов грузовладельцами в силу отсутствия полной материальной ответственности перевозчика за несохранную доставку груза [9].

Авторы статьи согласны с выводами Ассоциации АНЕК. Лимитирование ответственности перевозчика могло бы также стать стимулом к развитию рынка страхования ответственности перевозчиков, так как позволило бы большему количеству владельцев автопарков иметь финансовую возможность приобретения такого вида страхования. Необходимым условием для повышения востребованности такого вида страхования также является разработка механизмов, учитывающих не только стоимость грузов и лимит ответственности перевозчиков, но и долгосрочность деятельности автопредприятия, наличие или отсутствие судебных исков по вопросам сохранности перевозимых грузов по аналогии со страхованием ответственности владельцев легкового автотранспорта.

Однако в вопросе применения принципов КДПГ в Казахстане возникают вопросы, связанные с тем, что юридически применение ограничения ответственности

перевозчика в настоящее время невозможно.

Казахстан присоединился к Конвенции КДПГ в 1995 г., однако в статью 23, пункт 3 были внесены изменения согласно Протоколу 1978г.

Согласно Протоколу 1978 г. пункт 3 статьи 23 «заменен следующим текстом: 3. Однако размер возмещения не может превышать 8,33 расчетных единиц за кг недостающего веса брутто».

Изначально статья 23 Конвенции КДПГ звучала следующим образом:

«1. Когда, согласно постановлениям настоящей Конвенции, транспортер обязан возместить ущерб, вызванный полной или частичной потерей груза, размер подлежащей возмещению суммы определяется на основании стоимости груза в месте и во время принятия его для перевозки.

2. Стоимость груза определяется на основании биржевой котировки или, за отсутствием таковой, на основании текущей рыночной цены, или же, при отсутствии и той и другой, на основании обычной стоимости товара такого же рода и качества.

3. Размер возмещения не может, однако, превышать 25 франков за килограмм недостающего веса брутто. Под франком подразумевается золотой франк весом в 10/31 гр. золота 0,900 пробы.

4. Кроме того, подлежат возмещению: плата за перевозку, таможенные сборы и пошлины, а также прочие расходы, связанные с перевозкой груза, полностью в случае потери всего груза и в пропорции, соответствующей размеру ущерба при частичной потере; иной убыток возмещению не подлежит».

Этот один пункт Конвенции КДПГ, который был заменен Протоколом 1978 г. имеет колоссальное значение для автомобильных грузоперевозчиков Казахстана, при осуществлении ими международных грузоперевозок с пересечением границы Республики Казахстан, так как ограничивает

ответственность перевозчика при повреждении и утрате груза.

Так как Казахстан присоединился к Конвенции КДПГ, то для него применимы все положения, кроме изменений и дополнений согласно Протоколу 1978 г., что в свою очередь означает, что ограничение ответственности перевозчика не применимо для Казахстана в отличие от стран, присоединившихся и к Конвенции КДПГ, и к Протоколу 1978 г.

Согласно статьи 3 Протокола 1978 г.:

«5. Настоящий Протокол подлежит ратификации после того, как заинтересованное государство ратифицирует Конвенцию или присоединится к ней.

6. Ратификация Протокола или присоединение к нему должны производиться путем передачи на хранение Генеральному секретарю Организации Объединенных Наций надлежащего акта».

Таким образом можно сделать вывод, что Казахстан не присоединился к Протоколу 1978 г., что подтверждается отсутствием Казахстана в списке стран, присоединившихся к Протоколу 1978 г., опубликованном ООН.

Однако по данному вопросу существуют два письма Министерства иностранных дел Республики Казахстан, прямо противоречащие друг другу. В одном из них поясняется, что по информации, имеющейся в архиве МИД РК, Республика Казахстан не присоединялась к Протоколу к Конвенции о договоре международной перевозки грузов. По состоянию на апрель 2014 года, процедуры ратификации Протокола не проводились. В другом содержится ответ, что протокол вступил в силу 28 декабря 1980 г. Учитывая, что Конвенция в отношении РК вступила в силу 15 октября 1995 г., исходим из понимания, что РК присоединилась к Конвенции с учетом изменения согласно Протоколу.

Таким образом возникает путаница, решить, которую необходимо. В настоящий момент казахстанские суды

исходят из понимания того, что положения Протокола 1978 г. не применимы и соответственно ответственность автоперевозчиков не ограничена.

Работа в этом направлении ведется. Так в феврале 2019 года КазАТО была получена справка от Министерства индустрии и инфраструктурного развития РК по присоединению к Протоколам к Конвенции о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ) в которой говорится, о том, что Проект Протокола от 1978 года к Конвенции о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ), касательно установления предельного размера возмещения ущерба при полной или частичной потери груза согласован с заинтересованными госорганами (МИД, МФ, МВД, КНБ, МНЭ, МЮ и МИК РК). 16.10.2018 г. направлена в МИД РК Концепция присоединения к Протоколу от 1978 года для включения в текущий (2019 год) план заключения международных договоров РК. Получены результаты научной правовой (21.11.2018г. №1-9-3140) и лингвистической экспертиз (19.10.2018 г. №19-07/457). В соответствии с заключением научной правовой экспертизы необходимо одновременно ратифицировать Конвенцию и Протокол от 1978 года. Вместе с тем, при проработке вопроса относительно необходимости ратификации Конвенции МЮ РК сообщил, что Указ Президента РК от 12 мая 1995 года № 2271 «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции о договоре международной перевозки грузов (КДПГ) 1956 года» приравнивается к ратифицированным Республикой Казахстан международным договорам (17.08.2018 г. №7-20/16607). В этой связи 26.11.2018 г. направлено письмо в МЮ РК за разъяснением дальнейшей процедуры касательно ратификации Конвенции и Протокола (№03-28/7936), также МЮ РК рекомендовал обратиться в Конституционный Совет РК для решения данного вопроса (26.12.2018 г. № 7-20/25302). В свою очередь

Конституционный Совет РК полагает возможным рассмотреть данный вопрос в рамках конституционной процедуры по обращениям Президента РК, Председателя Сената или Мажилиса, депутатов Парламента, Премьер-Министра (25.01.2019 г. №10-01-08/71/44). В этой связи готовится проект письма в КПИМ РК.

Авторами данной статьи было инициировано обращение за разъяснениями к Председателю Комитета транспорта Министерства индустрии и инфраструктурного развития РК (далее – Комитет транспорта РК) относительно официальной позиции Комитета транспорта РК по данному вопросу получен следующий ответ: Конвенции о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ) (далее – Конвенция) является базовой, основополагающей нормой международного автотранспортного частного права, которая регламентирует общепринятые и сложившиеся в мировой практике положения при осуществлении перевозки грузов. Республика Казахстан присоединилась к Конвенции на основании Указа Президента Республики Казахстан от 12 мая 1995 года № 2271 «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции о договоре международной перевозки грузов (КДПГ) 1956 года». При этом, сама Конвенция по сегодняшний день не ратифицирована. В 2018 году Комитетом транспорта Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (далее – Комитет транспорта) инициирована ратификация Протокола к Конвенции о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ) от 5 июля 1978 года (далее – Протокол). Присоединение к Протоколу одобрено на 33-м заседании Межведомственной комиссии по вопросам международных договоров Республики Казахстан от 29 октября 2018 года и Протокол включен в текущий план заключения международных договоров Республики Казахстан на 2019 год. В ноябре 2018 года получено заключение о

внешнеполитической целесообразности заключения данного Протокола. Также Протокол согласован с заинтересованными государственными органами, получены результаты научной правовой и лингвистической экспертиз. Согласно заключению научной правовой экспертизы, необходимо проведение ратификации, как Протокола, так и Конвенции. В связи с чем Комитетом транспорта наряду с ратификацией Протокола прорабатывается вопрос по ратификации самой Конвенции. Таким образом, Комитетом транспорта в соответствии с Законом Республики Казахстан «О международных договорах Республики Казахстан» проводятся соответствующие процедуры, по завершению которых планируется ратифицировать данный Протокол в установленные законодательством сроки.

Конечно есть определенная несогласованность экономических интересов автоперевозчиков и обслуживаемых ими клиентов, однако слабая отрасль автомобильных грузоперевозчиков также не служит интересам казахстанских грузовладельцев. Учитывая, что большее количество казахстанских автомобильных грузоперевозчиков являются предприятиями малого и среднего бизнеса с частным финансированием, то зачастую они не могут позволить себе приобретение страхования ответственности перевозчика с большим лимитом покрытия и это может привести к банкротству предприятия, большие выплаты по случаям утраты и повреждений лимитируют возможности автоперевозчиков по инвестированию в обновление автопарков, что в свою очередь сдерживает их развитие и модернизацию и как следствие сдерживает развитие отрасли в целом. При этом грузовладельцы также не выигрывают от существующего положения, так как слабая отрасль грузоперевозок не в состоянии будет оказывать высокий уровень сервиса, необходимый в нынешних экономических реалиях.

Выводы

Еще в 2000 году было отмечено, что «несовершенство транспортной стратегии государств-участников СНГ не позволяет в полной мере реализовать принципы международной транспортной политики» [10]. Согласно разработанной концепции присоединения государств-участников СНГ к международным конвенциям и соглашениям в области автомобильных перевозок в числе прочих было рекомендовано присоединение государств-участников СНГ к Протоколу 1978 г.

В этом же документе был отмечен положительный опыт присоединившихся стран и сделан вывод о важности присоединения для государств-участников СНГ: «учитывая высокий уровень развития международных автомобильных перевозок грузов и пассажиров в перечисленных странах, а также многолетний опыт их работы по осуществлению этих перевозок в различные регионы Европы, Азии, Африки и в государства СНГ, можно констатировать, что названные конвенции и соглашения относятся к важнейшим международным документам для использования при

международном автомобильном сообщении.»

На настоящий момент из числа стран, находящихся на территории бывшего СССР к Протоколу 1978 г. присоединились: Армения, Беларусь, Грузия, Киргизия, Россия, Туркменистан, Узбекистан, Эстония, Латвия и Литва. Не присоединились: Азербайджан, Казахстан, Украина, Таджикистан.

Факт того, что Казахстан не присоединился к Протоколу 1978г. ставит казахстанских перевозчиков в неравные экономические условия с перевозчиками из других стран.

Учитывая, что автомобильный транспорт является системообразующей отраслью страны, необходимо принятие мер, способствующих эффективному ее развитию и взаимодействию с другими секторами экономики.

Таким образом унификация положений нормативных документов Республики Казахстан и международных норм послужит защите интересов грузовладельцев и перевозчиков, создаст дополнительный стимул для развития транспортной отрасли в Казахстане.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ТОО Исследовательская группа DAMU RG. Отчет по результатам маркетингового исследования Грузовые перевозки автомобильным транспортом в Республике Казахстан. Подготовлен в рамках проведения маркетинговых исследований в приоритетных секторах Государственной программы поддержки и развития бизнеса «Дорожная карта бизнеса 2020». г. Алматы, октябрь 2018г.
- [2] Справочная информация о деятельности автомобильного транспорта в государствах-членах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) за I полугодие 2019 года. //http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/Pages/avtotransport.aspx (был доступен 30 октября 2019 г.)
- [3] Доклад МСАТ IRU О состоянии автомобильного транспорта в Едином экономическом пространстве. Москва, 2014.//http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/SiteAssets
- [4] Каплан Т. Автомобильный рынок международных грузоперевозок будет только расти,11 ноября 2012 г.//https://kapital.kz/gazeta/8712/teodor-kaplan-avtomobilnyj-rynok-mezh-dunarodn-uh-gruzoperevozok-budet-tolko-rasti.html (был доступен 10 мая 2019 г.)
- [5] Книга проблем транспортной отрасли РК на 24.02.2014 //http://kazlogistics.kz/kz/book_problems/?type=17(был доступен 10 мая 2019 г.)
- [6] Милишихин Д. Автомобильный транспорт Казахстана: точки роста и сдерживающие факторы. // http://transexpress.kz/ru/magazines.php?id=841&edition=25 (был доступен 10 мая 2019 г.)
- [7] Казахстанские автоперевозчики озвучили проблемы отрасли.23 сентября 2018 г. // https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2018-09/kazakhstanskie-avtoperevozhchiki-ozvuchili-problemy-otrasli?page=39 (был доступен 10 мая 2019 г.)
- [8] Рынок автоперевозок в Казахстане достиг критического уровня.14 февраля 2018 г. // https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/ryinok-avtoperevozok-kazahstane-dostig-kriticheskogo-urovnya-337628/(был доступен 10 мая 2019 г.)

- [9] Ассоциация Национальных Экспедиторов Казахстана (АНЭК). Итоговый отчет по теме «Имплементация норм международного законодательства в области транспорта в национальное законодательство». Алматы. 2016 г. // <http://docplayer.ru/67573877-Itogovyy-otchet-po-teme-implementaciya-norm-mezhdunarodnogo-zakonodatelstva-v-oblasti-transporta-v-nacionalnoe-zakonodatelstvo.html> (был доступен 13 октября 2019 г.)
- [10] Решение Экономического совета Содружества Независимых Государств о Концепции присоединения государств-участников СНГ к международным конвенциям и соглашениям в области автомобильных перевозок. Москва. 25 мая 2000 г. // <http://xn--80aagahqwyibe8an.com/nezalejnih-derjav-spivdrujnist/reshenie-ekonomicheskogo-soveta-sodruzhestva247112.html> (был доступен 13 декабря 2018 г.)

REFERENCES

- [1] *TOO Issledovatel'skaja grupa DAMU RG. Otchet po rezul'tatam marketingovogo issledovanija Gruzovye perevozki avtomobil'nyj transportom v Respublike Kazahstan. Podgotovlen v ramkah provedenija marketingovyh issledovanij v prioritetnyh sektorah Gosudarstvennoj programmy podderzhki i razvitija biznesa «Dorozhnaja karta biznesa 2020»* [In Russian: Research Group DAMU RG LLP. Report on the results of a marketing research Freight transport by road in the Republic of Kazakhstan. Prepared as part of conducting market research in priority sectors of the State Business Support and Development Program "Business Road Map 2020"]. Almaty, October 2018.
- [2] *Spravochnaja informacija o dejatel'nosti avtomobil'nogo transporta v gosudarstvach-chlenah Evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza (EAJeS) za I polugodie 2019 goda* [In Russian: Background information on the activities of road transport in the member states of the Eurasian Economic Union (EAEU) for the first half of 2019]. // <http://www.eurasiancommission.org/en/act/energetikaiinfr/transport/Pages/avtotransport.aspx> (was available on October 30, 2019)
- [3] *Doklad MSAT IRU O sostojanii avtomobil'nogo transporta v Edinom jekonomicheskom prostranstve* [In Russian: IRU Report on the State of Road Transport in the Common Economic Space]. Moscow. 2014. // <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/SiteAssets>
- [4] Kaplan T. *Avtomobil'nyj rynek mezhdunarodnyh gruzoperevozok budet tol'ko rasti* [In Russian: The automobile market for international freight traffic will only grow]. November 07, 2012. // <https://kapital.kz/gazeta/8712/teodor-kaplan-avtomobilnyj-rynek-mezhdunarodnyh-gruzoperevozok-budet-tolko-rasti.html> (was available May 10, 2019)
- [5] *Kniga problem transportnoj otrasli RK na 24.02.2014* (In Russian: Book of problems of the transport sector of the Republic of Kazakhstan on 02.24.2014 // http://kazlogistics.kz/kz/book_problems/?type=17 (was available May 10, 2019)
- [6] Milishihin D. *Avtomobil'nyj transport Kazahstana: tochki rosta i sderzhivajushhie factory* [In Russian Road transport of Kazakhstan: growth points and constraints]. // <http://transexpress.kz/ru/magazines.php?id=841&edition=25> (was available May 10, 2019)
- [7] *Kazahstanskije avtoperevozchiki ozvuchili problemy otrasli* [In Russian: Kazakhstan truckers voiced industry problems]. September 23, 2018 // <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2018-09/kazahstanskije-avtoperevozchiki-ozvuchili-problemy-otrasli?page=39> (was available on May 10, 2019)
- [8] *Rynok avtoperevozok v Kazahstane dostig kriticheskogo urovnja* [In Russian: The trucking market in Kazakhstan reached a critical level]. February 14, 2018 // https://tengrinews.kz/kazahstan_news/ryinok-avtoperevozok-kazahstane-dostig-kriticheskogo-urovnya-337628/ (was available May 10, 2019)
- [9] *Associacija Nacional'nyh Jekspeditorov Kazahstana (ANJeK). Itogovij otchet po teme «Implementacija norm mezhdunarodnogo zakonodatel'stva v oblasti transporta v nacional'noe zakonodatel'stvo»* [In Russian: Association of National Forwarders of Kazakhstan (ANEC). Final report on the topic "Implementation of international law in the field of transport in national law"]. Almaty. 2016 // <http://docplayer.ru/67573877-Itogovyy-otchet-po-teme-implementaciya-norm-mezhdunarodno-go-zakonodatelstva-v-oblasti-transporta-v-nacionalnoe-zakonodatelstvo.html> (was available October 13, 2019)
- [10] *Reshenie Jekonomicheskogo soveta Sodruzhestva Nezavisimyh Gosudarstv o Konceptii prisoedinenija gosudarstv-uchastnikov SNG k mezhdunarodnym konvencijam i soglashenijam v oblasti avtomobil'nyh perevozok* [In Russian: Decision of the Economic Council of the Commonwealth of Independent States on the Concept of the accession of the CIS member states to international conventions and agreements in the field of road transport]. Moscow. May 25, 2000. // <http://xn--80aagahqwyibe8an.com/nezalejnih-derjav-spivdrujnist/reshenie-ekonomicheskogo-soveta-sodruzhestva247112.html> (was available December 13, 2018)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ КАК
НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ГРУЗОВЫХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В КАЗАХСТАНЕ**

Кулагина Наталья Станиславовна, магистрант, Казахстанско-Немецкий Университет,
г. Алматы, Республика Казахстан n.kulagina@inbox.ru

Тюлюбаева Динара Муратбековна, к.т.н., профессор Казахстанско-Немецкий
Университет, г. Алматы, Республика Казахстан, tyulyubayeva@dku.kz

**ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АВТОКӨЛІКПЕН ЖҮК ТАСЫМАЛЫ САЛАСЫН
ДАМЫТУДҢ ҚАЖЕТТІ ШАРТЫ РЕТІНДЕ ЗАҢНАМАЛЫҚ
БАЗАНЫ ЖЕТІЛДІРУ**

Кулагина Наталья Станиславовна, магистрант, Қазақстан-Неміс Университеті, Алматы
қаласы, Қазақстан Республикасы, n.kulagina@inbox.ru

Тюлюбаева Динара Муратбекқызы, т.ғ.к., Қазақстан-Неміс Университеті профессоры,
Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, tyulyubayeva@dku.kz

Аңдатпа. Бұл мақалада заңнамалық нормалардың әсері, атап айтқанда халықаралық жүктерді автомобильмен тасымалдау кезінде жүктің жоғалуы, жетіспеуі және бүлінуі (бұзылуы) үшін жауапкершілікті шектеу контекстінде, Қазақстанның жүк тасымалы тиімділігіне және тұтастай алғанда жүк тасымалы саласының дамуына әсер етіледі.

1978 жылғы 5 шілдедегі Халықаралық автомобиль тасымалы туралы шарт туралы конвенцияға Хаттаманы ратификациялау қажеттілігі туралы мәселе қаралады.

Түйінді сөздер: Тасымалдаушының жауапкершілігін шектеу, Қазақстандағы автокөлік саласындағы проблемалар, жүктерді автомобильмен халықаралық тасымалдау туралы шарт (CMR), ұлттық және халықаралық нормаларды біріздендіру, 1978 жылғы 5 шілдедегі CMR конвенциясына Хаттама

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.234-241

AUTOMATION AND ANALYSIS OF ROLLING STOCK DIAGNOSIS SYSTEMS

Marzhan Spabekova, PhD candidate, Kazakh Academy of Transport and Communications
named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, spabekova_m@mail.ru

Ainur Toigozhinova, PhD, assistant professor, head of the «Automation and control» department
at Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty,
Kazakhstan, aynur_t@mail.ru

Waldemar Wojcik, doctor of technical sciences, professor of the Lublin technical University

UDC 658.512

AUTOMATION AND ANALYSIS OF ROLLING STOCK DIAGNOSIS SYSTEMS

Abstract. There are several classifications of diagnostic systems that allow you to determine the strategy in creating a system of diagnostic systems in the depot. By the nature of the coverage of the technical diagnostic system (TDS) are divided into local and general. It is obvious that creating a single complex for the entire locomotive is extremely difficult and inappropriate: the locomotive consists of units and assemblies that are different from each other to be diagnosed: wheel-motor blocks, auxiliary machines, electrical devices, power electronic plants, electronic control units, contactor circuits, mechanical equipment, etc. In the depot should create a system of diagnostic systems. Maintenance and repair of diesel locomotives is the second function of locomotive depots along with operational work. The costs of maintenance and TR, currently account for 25% of the total costs of the locomotive economy. Funds spent on repairing locomotives during its service life are 3-4 times more than the initial cost. To ensure the required reliability of locomotives, a planned warning system is provided that determines the types of maintenance, repair and overhaul, depending on the mileage or life. The structure of the repair cycle is determined by the alternation of types of maintenance and repair.

When performing an inspection of a locomotive without the use of technical means, the human controller quickly gets tired, addiction occurs, especially if defects are relatively rare. This leads to an increased likelihood of an undetected defect. With the advent of new locomotives with complex electronic control systems, the task of diagnosis has become even more urgent.

Keywords: structural reliability, functional reliability, automation, railway transport, technical systems.

Introduction. Maintenance and repair of diesel locomotives is the second function of locomotive depots along with operational work. The costs of maintenance and TR, currently account for 25% of the total costs of the locomotive economy. Funds spent on repairing locomotives during its service life are 3-4 times more than the initial cost.

The repair shops are led by the Deputy Head of the Repair Depot (TCH), which is directly subordinate to the senior repair

master and process engineers. The workshops on types of equipment and types of repairs are subordinate to the senior master of current repair through the masters.

To ensure the required reliability of locomotives, a scheduled warning system is provided that determines the types of maintenance (TO-1 - TO-4), ongoing (TR-1 - TR-3) and major (KR-1 - KR-2) repairs, depending on mileage or life. The structure of

the repair cycle is determined by the alternation of types of maintenance and repair.

That allows you to maintain locomotives in good condition on the line. TR is carried out in order to restore performance by conducting an audit, repair and replacement of components, adjustment and testing, as well as partial modernization. TRs form the basis of depot repair activities, as KR are carried out in factories. Therefore, when introducing information technologies in the depot, repair production, along with operational work, should be given no less attention.

Obtaining reliable information about the technical condition of the locomotive is impossible without the creation of a system of diagnostic and test complexes.

Testing, commissioning and diagnostic stands to a large extent determine the level of equipment of the locomotive depot. When repairing modern locomotives, 50-75% of the total volume of work performed falls on the control and diagnostic and adjustment operations.

But even with such labor costs, it is not always possible to provide a sufficient level of reliability. Even for relatively simple locomotives of 2TE10 locomotives, 70% of repeated calls for repairs occur due to the absence or non-use of technical diagnostics. An analysis of the operation of the main depots shows that, in the absence of special diagnostic tools, an average of 1.47 of the standard maintenance time for TO-2 is required to eliminate the malfunction. When performing an inspection of a locomotive without the use of technical means, the human controller quickly gets tired, addiction occurs, especially if defects are relatively rare. This leads to an increased likelihood of an undetected defect. With the advent of new locomotives with complex electronic control systems, the task of diagnosis has become even more urgent.

Currently, the depot has a variety of diagnostic hand-test stands for various types of equipment:

- traction engines;
- diesels;

- auto brake;
- electrical apparatus;
- control systems [1-3];
- mechanical equipment [4] and others.

Gradually, these stands are automated [4-7]. In many cases, a computer appears in the composition of the complexes as an information management subsystem.

In the depot management system, diagnostic stands perform the function of obtaining objective information about the condition of locomotives. In the presence of adjustment and repair functions, the diagnostic stands are simultaneously executive elements (function M).

Thus, in the information system depots should be considered as places of formation of objective initial information on the technical condition of locomotives.

There are several classifications of diagnostic systems that allow you to determine the strategy in creating a system of diagnostic systems in the depot [8]. By the nature of the coverage of the technical diagnostic system (TDS) are divided into local and general. It is obvious that creating a single complex for the entire locomotive is extremely difficult and inappropriate: the locomotive consists of units and assemblies that are different from each other to be diagnosed: wheel-motor blocks, auxiliary machines, electrical devices, power electronic plants, electronic control units, contactor circuits, mechanical equipment, etc. In the depot should create a system of diagnostic systems.

By the nature of the impact of TDS are divided into functional and test. With the obvious advantages of functional diagnosis, it is not always practicable. The choice of the type of exposure is determined separately in each specific TDS. Wheel-motor blocks are diagnosed in test mode due to the inability to simulate real working conditions. Diesel units due to the use of rheostatic units are tested in real operating modes, although the absence of real dynamics allows us to call the rheostat tests test [9].

By means of diagnosis, TDSs are divided into special and universal. The

experience of operating diagnostic tools shows the advantages of each type of tool: specialized TDSs allow you to create more accurate diagnostic algorithms, reduce the overall dimensions of the stand. Universal TDSs are easier to replicate, have metrological support, and are easier to adapt to new types of equipment. The choice of hardware is the subject of a separate study and is not considered in this paper. However, we note that the presence of a computer in the diagnostic complex greatly simplifies the creation of diagnostic databases.

According to the degree of automation, TDS are divided into automatic, automated and manual. Automation depends on the formalization of the diagnostic algorithm and the degree of mechanization of the stand.

TDS according to the principle of use are divided into stationary, airborne, built-in and portable. With the widespread use of microprocessor systems, as well as with the advent of airborne motion control systems (Efficiency, CLUB, etc.), the choice of the principle of action of TDS has become an urgent issue [9].

According to their purpose, TDSs are divided into systems for checking serviceability, operability, correct functioning, localization of a defect site, and forecasting technical condition. Prediction of technical condition is one of the main functions of the workstation of the technologist. In this sense, the workstation of the technologist acts as the top level of the diagnostic systems available in the depot. Health check is the main mode of locomotive diagnostic systems.

Functional testing is difficult or may not be necessary in on-board and embedded systems, where the correct functioning is

usually checked: the functional check involves the implementation of all modes.

Diagnostic systems for traction locomotives are developed separately for each type of aggregate: wheel-motor units, auxiliary machines, current collectors, electrical devices, power electronic units, electronic control units, contactor circuits, mechanical equipment, etc.

Newly developed and manufactured locomotives have an electronic control system (for example, KZ-4A electric locomotive). Typically, electronic components have an integrated diagnostic system. Built-in diagnostic systems verify the correct functioning; therefore, do not exclude the presence of stationary systems for verifying operability.

But it is obvious that stationary TDSs must interact with built-in diagnostic systems. Built-in TDSs allow real-time monitoring of the status of control circuits. This allows you to "catch" intermittent failures, which are extremely difficult to detect in stationary TDS. Diagnostics of control circuits is one of the most elaborated in both theoretical and practical plans. Despite all the difficulties with connecting, it is still relatively easy to implement. No sensors are needed, since the signals are already electric. As a rule, galvanic isolation of signals between themselves is not necessary. Stationary testing is closest to real conditions (in comparison with other locomotive aggregates) [8-10].

Wheel-motor blocks (WMB) is one of the main components of a locomotive, which determine both the traction capabilities of a locomotive and its reliability, safety and cost. Diagnosis of WMB is one of the key points in creating an integrated system for diagnosing a locomotive (figure 1).

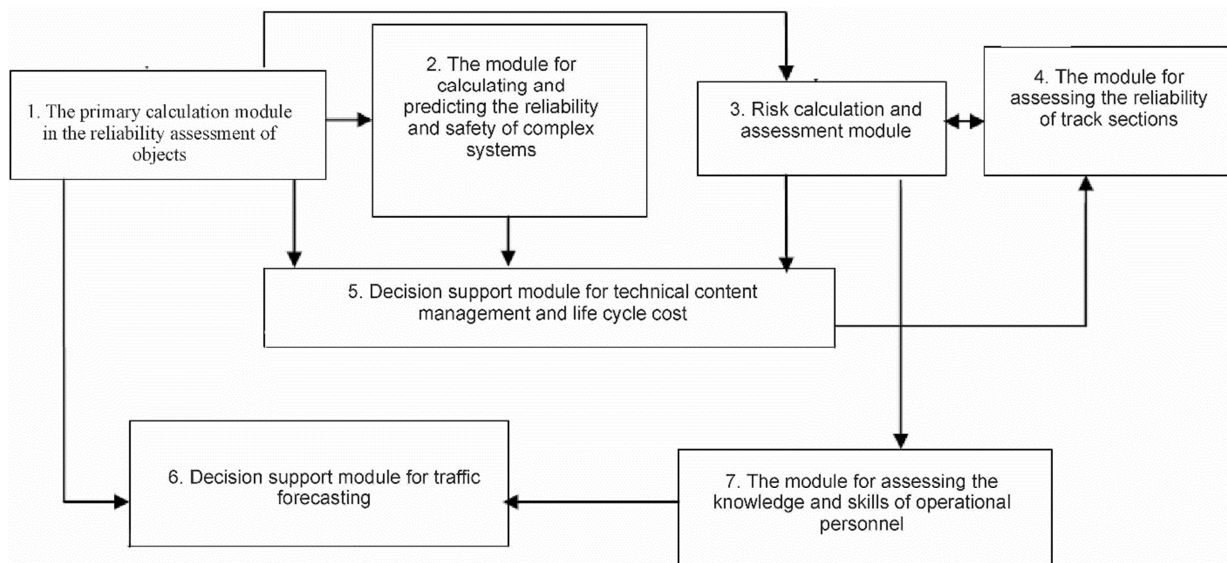


Fig. 1 – The structure of the mathematical support of the reliability, safety, risk and resources management system for railway transport

Рис. 1– Структура математического обеспечения системы управления надежностью, безопасностью, рисками и ресурсами железнодорожного транспорта

WMB diagnostics is divided into two relatively independent tests: diagnostics of the electrical characteristics of the traction motor and verification of the mechanical characteristics of WMB.

Diagnostics of electrical machines is a complex process, which includes both checking the characteristics of the motor (current-voltage, high-speed, etc.) and quality control of insulation, sparking on the collector, resistance of the windings, etc.

It was shown in [10] that, along with electrical and electromagnetic characteristics, it is very important to control the heating temperature of the windings: it is this indicator that makes it possible to predict the durability of insulation. The expediency of monitoring engine parameters under vibration conditions is also emphasized

Along with checking the parameters of an electric motor in WMB, an important role is played by checking its mechanical characteristics: the state of motor-axial bearings, motor-anchor bearings, axle box and gearbox. For this, vibro-acoustic, ultrasonic and other methods are widely used. Widely known work on the verification of WMB both on the stand and on the electric locomotive. Based on the VAST vibration diagnostic

technology, a number of portable devices have been proposed for diagnosing bearings and the WMB gearbox [9-10]. On the locomotive, along with control electronic units (according to the new classification they are called information electronics), there are power plants: rectifier units, rectifier-inverter units, phase splitters, stabilizers, protective devices.

To diagnose individual elements of power plants, several effective methods have been developed that use the same type of power elements (diodes, transistors and thyristors): working under approximately the same conditions, these elements must have the same parameters (voltage drop, turn-off time, etc.). In Russia (on the Krasnoyarsk railroad), the thyristor serviceability is effectively checked by the voltage drop across them in the closed state. Portable thermal imagers showed high efficiency. However, all these methods are designed for manual technology and do not allow predicting the technical condition [10].

The reliability of power electronic installations should be ensured by the initial reliability of its constituent elements, correct circuit design, sufficient heat removal, lack of dust and excessive vibration: the absence of

mechanical elements in these installations allows you to limit yourself to monitoring scheduled repairs. Built-in diagnostics should be entered into these devices as necessary and only by the developer of these devices. This, strictly speaking, applies to all nodes of the locomotive: the task of creating diagnostic systems is the prerogative of developers and manufacturers.

The basis of the control of bandages is the measurement of the following characteristics: rolling, thickness, height and steepness of the ridge, thickness of the bandage. Measurement results are compared with tolerances. The calculated diameter of the tires also controls their scatter within the wheelset, bogie, section and locomotive as a whole.

The control of the presence of mechanical defects is reduced to the known methods of visual, ultrasonic, magnetic, and other types of control. In this case, as a rule, portable devices are used. The subjective factor remains significant. Creating fixed or embedded control systems is difficult. It is possible to install strain gauges on the most critical structural elements, but no more. More promising are stationary stands for checking the health of individual mechanical units, guaranteeing the operability of the structure as a whole.

It is worth dwelling on the studies of the Gorky Railway related to the control of locomotive derailment. Road experts were able to find out that the wagon descent causes axial vibrations of the axles of the wheelsets, which are imperceptible by the brigade and are absent in the coupler.

The speed of the train and the known diagram of sleepers calculates the frequency of the expected vibrations. If the studies are successfully completed, the development proposed by the Gorky Railway will become an integral element of on-board diagnostics as one of the built-in TDSs.

Many years of experience in the operation, repair and maintenance of diesel engines and its systems shows a significant dependence of the efficiency and reliability of diesel engines on the quality of

fuel combustion, uniform load distribution across the cylinders, etc. On the railways, significant experience has been gained in creating stationary diesel tests (rheostatic tests), including using TDS [10].

Diagnosing diesel engines is a complex issue and is not considered in this paper. However, an analysis of literary sources shows that the main problem in diagnosing a diesel engine is the lack of built-in sensors that inhibits the development of both stationary and on-board diagnostic systems. The appearance of the built-in diesel diagnostic systems on new diesel locomotives will make it possible to control the operation of a diesel engine on a trip, which is, of course, an urgent task. The very first experience in creating on-board diesel diagnostic systems were obtained on US railways. The integrated TDS of diesel generator sets is one of the key elements of the on-board system for diagnosing diesel locomotives.

The reliability of the pneumatic equipment of a locomotive is the basis of traffic safety. Autobrake is the most diagnosed element of a locomotive control system. Work with the brakes is the most regulated. There are few developments to automate the diagnosis of brake equipment.

Conclusion. There is automation of adjustment stands, stands for automation of equipment testing, grinding of air distributor spools and crane drivers, etc. There are several reasons for the lack of TDS braking equipment. Firstly, the high responsibility assigned to the stand. Secondly, the mandatory use of a crane operator (manual mechanical device) in the test of brakes. Thirdly, the conservatism of the staff is caused by the same responsibility.

Despite the absence of stationary and portable TDS brake equipment, on-board monitoring of the operation of the brakes has existed for a long time pressure in the brake line is one of the main parameters recorded on the speed tape. In fact, the decoding of the speed-measuring tape controls the correct functioning of the man-hardware brake system. The need for an on-board diagnostic

brake system is obvious. Safety devices monitor the pressure in the brake line, the pressure in the brake cylinder (only in the CLUB system); can affect the operation of the brakes by turning on the electro-pneumatic valve (EPC).

According to the theory of technical diagnostics, the main diagnostic parameters (i.e., subject to mandatory control) are the input and output signals. The input to the brake system is the position of the crane operator. The output of the brake system is the start of the deceleration of the train. If the

control of the output signals can be considered resolved (pressure in the brake line, negative acceleration of the train, speed limit, etc.), then the input signal - the position of the crane operator - is not currently controlled. The need for monitoring this parameter in the on-board diagnostic system is obvious.

In relation to other types of equipment, it was a question of the need for built-in diagnostics. For braking equipment, we are talking about the on-board system: monitoring the functioning of the brake system is external to the devices of the brake system.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Долин Г. Что такое экспертная система // Компьютер Пресс, 1996, №2, С. 76-78.
- [2] Исаев И.П., Фрайфельд А.В. Беседы об электрической железной дороге. - М.: Транспорт, 1989. - 359 с.
- [3] Крамсков С.А. Повышение эффективности работы узлов систем управления тиристорными преобразователями электровозов однофазного-стоянного тока: Дис. канд. техн. наук. - М., 1985. 200 с.
- [4] Автоматизированная система для разработки и корректировки единого графика движения поездов всех категорий на сети железных дорог (АВТОГРАФ). ВНИИЖТ, 2003.- 15 с.
- [5] Баранов В.М., Дмитриенко И.В. Компьютерная диагностика дизелей тепловозов типа ТЭ10 // Локомотив. 1995, № 5, С. 39.
- [6] Брейдо А.И., Лабеецкая Г.П. Проектирование организации труда на линейных производственных участках // Автоматика, телемеханика и связь. 1988, №3, С. 18-20.
- [7] ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Термины и определения. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 25 с.
- [8] Грузовые вагоны железнодорожные колеи 1520 мм: Альбом-справочник. - М.: Транспорт, 1989. - 176 с.
- [9] Загорский Б.М. Технический прогресс и социальное планирование на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1974. - 318 с.
- [10] Методические рекомендации по обоснованию эффективности инноваций на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1999. - 216 с.

REFERENCES

- [1] Dolin G. *Chto takoe jekspertnaja Sistema* [in Russian: What is an expert system?] // Komp'juter Press. 1996. №2. S. 76-78.
- [2] Isaev I.P., Frajfel'd A.V. *Besedy ob jelektricheskoj zheleznoj doroge* [in Russian: Conversations about the electric railway]. M.: Transport, 1989. 359 s.
- [3] Kramskov S.A. *Povyshenie jeffektivnosti raboty uzlov sistem upravlenija tiristornymi preobrazovateljami jelektrovozov odnofaznopo-stojannogo toka* [in Russian: Improving the efficiency of nodes of control systems for thyristor converters of single-phase direct current electric locomotives]: Dis. kand. tehn. nauk. M., 1985. 200 s.
- [4] *Avtomatizirovannaja sistema dlja razrabotki i korrekcirovki edi-nogo grafika dvizhenija poezdov vseh kategorij na seti zheleznyh dorog (AVTOGRAF)* [in Russian: Automated system for the development and adjustment of a unified schedule of trains of all categories on the railway network]. VNIIZhT, 2003. 15 s.
- [5] Baranov V.M., Dmitrienko I.V. *Komp'juternaja diagnostika dizelej teplovozov tipa TJe10* [in Russian: Computer diagnostics of diesel engines of diesel locomotives type TE10] // Lokomotiv. 1995. № 5. S. 39.
- [6] Brejdo A.I., Labeckaja G.P. *Proektirovanie organizacii truda na linejnyh proizvodstvennyh uchastkah* [in Russian: Design of the organization of labor in linear production areas] // Avtomatika, telemehanika i svjaz'. 1988. №3. S. 18-20.
- [7] GOST 27002-89. *Nadezhnost' v tehnike. Terminy i opredelenija* [in Russian: Reliability in technology. Terms and Definitions.]. M.: Izdatel'stvo standartov, 1989. 25 s.
- [8] *Gruzovye vagony zheleznodorozhnye kolei 1520 mm* [in Russian: Freight wagons 1520 mm railway gauge]: Al'bom-spravochnik. M.: Transport, 1989. 176 s.

- [9] Zagorskiy B.M. *Tehnicheskij progress i social'noe planirovanie na zheleznodorozhnom transporte* [Technological progress and social planning in the railway sector]. М.: Transport, 1974. 318 s.
- [10] *Metodicheskie rekomendacii po obosnovaniyu jeffektivnosti innovacij na zheleznodorozhnom transporte* [in Russian: Guidelines for substantiating the effectiveness of innovations in railway transport]. М.: Transport, 1999. 216 s.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Спабекова Маржан, PhD, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, spabekova_m@mail.ru

Тойгожинова Айнура Жумақановна, PhD, ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

Waldemar Wojcik, доктор технических наук, профессор Люблинского технического университета г. Люблин, Польша.

Аннотация. Существует несколько классификаций систем диагностирования, позволяющих определить стратегию в создании системы диагностических комплексов в депо. По характеру охвата системы технического диагностирования (СТД) делятся на локальные и общие. Очевидно, что создать единый комплекс для всего локомотива крайне трудно и нецелесообразно: локомотив состоит из непохожих друг на друга подлежащих диагностированию узлов и агрегатов: колесно-моторные блоки, вспомогательные машины, электрические аппараты, силовые электронные установки, электронные блоки управления, контакторные цепи, механическое оборудование и др. В депо следует создавать систему диагностических комплексов. Техническое обслуживание и ремонт тепловозов - вторая наряду с эксплуатационной работой функция локомотивных депо. Расходы на ТО и ТР в настоящее время составляют 25 % общих расходов локомотивного хозяйства. Затрачиваемые на ремонт локомотивов средства в течение срока его службы в 3-4 раз больше первоначальной стоимости. Для обеспечения требуемой надежности локомотивов предусмотрена планово-предупредительная система, определяющая виды технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов в зависимости от пробега или срока эксплуатации. При этом структура ремонтного цикла определяется порядком чередования видов технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: структурная надежность, функциональная надежность, автоматика, железнодорожный транспорт, технические системы.

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖҮЙЕЛЕРІН АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Спабекова Маржан, PhD докторант, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, spabekova_m@mail.ru

Тойгожинова Айнура Жумақановна, философия докторы (PhD), ассистент профессор, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

Waldemar Wojcik, Люблин техникалық университетінің профессоры, техника ғылымдарының докторы, Люблин қ., Польша.

Аңдатпа. Депода диагностикалық кешендер жүйесін құрудағы стратегияны анықтауға мүмкіндік беретін диагностикалау жүйелерінің бірнеше жіктелуі бар. Техникалық диагностикалау жүйесін (ТДЖ) қамту сипаты бойынша жергілікті және жалпы болып бөлінеді. Барлық локомотив үшін бірыңғай кешен құру өте қиын сондықтан локомотив диагностикалауға жататын тораптар мен агрегаттардан тұрады: доңғалақ-моторлы блоктар, қосалқы машиналар, электр аппараттары, электрондық қондырғылар, электрондық басқару блоктары, контакторлық шынжырлар, механикалық жабдықтар және т.б. депода диагностикалық кешендер жүйесін құру керек. Тепловоздарға техникалық қызмет көрсету және жөндеу - екінші пайдалану жұмысымен қатар локомотив депосының функциясы болып табылады. Қазіргі уақытта ТҚ және ТЖ шығыстары локомотив шаруашылығының жалпы шығыстарының 25% құрайды. Локомотивтерді жөндеуге жұмсалатын қаражат оның қызмет ету мерзімі ішінде бастапқы құнынан 3-4 есе артық болады. Локомотивтердің талап етілетін сенімділігін қамтамасыз ету үшін жүріс немесе пайдалану мерзіміне байланысты техникалық қызмет көрсету, ағымдағы және күрделі жөндеу түрлерін айқындайтын жоспарлы-ескерту жүйесі көзделген. Бұл ретте жөндеу циклінің құрылымы

техникалық қызмет көрсету мен жөндеу түрлерінің кезектесу тәртібімен анықталатын автоматты жүйе құру басты тадап болып табылады.

Түйін сөздер: құрылымдық сенімділік, функционалдық сенімділік, автоматтандыру, темір жол көлігі, техникалық жүйелер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.241-247

RESEARCH OF IMPROVEMENT DEVELOPMENT DIRECTIONS OF WIND INSTALLATION CONSTRUCTIONS WITH VERTICAL AXIS OF A WIND WHEEL SPIN

Yerlan Askarov, Cand.Sci.(Eng.), Professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;
erlan57@mail.ru

Adilet Zhankeldi, PhD, tutor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;
adilet.zhankeldi@gmail.com

Ilyas Dyussebayev, Master (Eng.), doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;
nomad.i.m.13@mail.ru

Abstract. Wind power is important. This is due to environmental and economic factors. Carbon fuels - coal, oil, gas, form a lot of industrial gases, also these types of fuel are depleted. Wind power plants (wind turbines) are becoming more widespread throughout the world. Wind turbines are of two types: wind turbines with a horizontal axis of rotation of the wind wheel and wind turbines with a vertical axis of rotation of the wind wheel (rotor). Vertical wind turbines are less common. They have less efficiency, design complexity, metal consumption, the presence of a long vertical shaft, its installation in the housing. Moreover, these wind turbines have an advantage over wind turbines with a horizontal axis; this is a good resistance to a storm wind with sand, there is no need to orient the wind turbines in the direction of the wind. These qualities of wind turbines make it possible to use these wind turbines as a small source of energy in inland areas, where the wind carries a lot of foreign inclusions (grass, sand), blows from different directions, there is a sharp temperature difference (from -40 to +40 C°). In this case, these wind turbines are more efficient than wind turbines with a horizontal axis. Work on wind turbines with a vertical axis has been ongoing for a long time. The main area of research is increasing the efficiency of wind turbines, increasing efficiency. The authors propose the development of wind turbine designs with a vertical axis in the direction of simplification and cheapening of the structure. In particular, it is proposed to replace the rotating vertical shaft with a fixed axis.

Keywords: wind turbines, vertical axis, fixed axis, wind energy, horizontal axis.

УДК 621.31

Е.С. Аскаров¹, Ә.Ж. Жанкелді¹, И.М. Дюсебаев¹

¹Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОВЫХ УСТАНОВОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ ВЕТРОВОГО КОЛЕСА

Аннотация. В данной статье приведен обзор существующих ветроустановок. Ветровая энергетика имеет важное значение. Это объясняется экологическими и экономическими факторами. Углеродное топливо – уголь, нефть, газ образуют много промышленных газов, также эти виды топлива истощаются. Ветровые энергетические установки (ВЭУ) получают все большее распространение во всем мире. Авторы предлагают развитие конструкций ВЭУ с вертикальной осью в направлении упрощения и удешевления конструкции. В частности, предлагается заменить вращающийся вертикальный вал на неподвижную ось.

Ключевые слова: ветровая установка, вертикальная ось, неподвижная ось, ветровая энергия, горизонтальная ось.

Вступление. ВЭУ бывают двух типов:

1. ВЭУ с горизонтальной осью вращения ветрового колеса. Эти ВЭУ получили большое распространение.

2. ВЭУ с вертикальной осью вращения ветрового колеса (ротора). Эти ВЭУ распространены меньше. Они имеют меньший КПД, сложность конструкции, металлоемкость, наличие длинного вертикального вала, его монтаж в корпус. При этом данные ВЭУ имеют преимущество перед ВЭУ с горизонтальной осью – это хорошая сопротивляемость штормовому ветру с песком, нет необходимости ориентации ВЭУ по направлению ветра. Эти качества ВЭУ позволяют применять их в качестве малого источника энергии (5...50 кВт) во внутриконтинентальных областях, где ветер несет в себе много инородных включений (трава, песок), дует с разных сторон, имеется резкий перепад температур (от -40 до +40 С⁰). В данном случае эти ВЭУ более эффективны, чем ВЭУ с горизонтальной осью.

Методы. Работы по ВЭУ с вертикальной осью ведутся давно. Основное направление исследования – повышение эффективности ВЭУ, повышение КПД. Здесь есть множество предложений, но достаточно часто их практическая применимость имеет проблемы.

Бывает, что предлагается оригинальная, интересная идея, которая на первый взгляд имеет большой эффект. Но ее необходимо проверить на соблюдение законов физики, механики, технологии производства и т.д.

Например, довольно много предложений по ветровым установкам с вертикальной осью дается в области ротора, у которого убираются лопасти, которые двигаются против движения ветра, а затем лопасти снова ставятся по ветру. С первого взгляда кажется, что эта

идея хорошая и полезная – повышается КПД установки.

Например, изобретение [1]. Здесь предлагается делать ротор с несколькими парусиновыми (мягкими) лопастями, которые с одной стороны (против ветра) складываются, а с другой стороны (по ветру) разворачиваются.

Но данное решение технически будет неосуществимо. Ротор ветроустановки вращается с частотой примерно 40...50 мин⁻¹, практически 1 оборот в секунду. Ротор достаточно большая конструкция, высота несколько метров, диаметр также измеряется в метрах. На такой скорости складывать и снова разворачивать лопасть будет невозможно. Эта система достаточно инерционна и не может работать с такой скоростью длительное время.

Также распространенной ошибкой является решение, которое противоречит законам физики. Например, нельзя создать вечный двигатель, так как нельзя обойти закон сохранения энергии.

Авторы достаточно давно занимаются вопросами создания ветровых энергетических установок. В этой области много предложений, которые противоречат законам физики. В исследовании Шефтера Я.И. [2] изложены характерные ошибки изобретателей в области ветровых установок. Но, как не странно, и в наше время многие продолжают делать эти же ошибки.

1. Установка с двумя ветряными колесами, вращающимися в разные стороны.

Я.И. Шефтер пишет [2, с.30]: «Изобретатели, предлагающие установку на одном или на соосных валах двух и более ветроколес, предполагают получить от таких ветродвигателей соответственно двукратную или большую мощность. Однако в действительности такого увеличения мощности не получается. Причина заключается в том, что на второе

ветроколесо, расположенное за первым, набегает поток, скорость которого согласно теории идеального ветряка должна быть в три раза меньше скорости потока, набегающего на первое ветроколесо. Это и понятно, так как часть своей энергии поток отдает ветроколесу, находящемуся впереди. Так как мощность изменяется пропорционально кубу скорости ветра, то, следовательно, мощность, развиваемая вторым ветроколесом, должна быть в 27 раз меньше мощности, развиваемым первым колесом». Формула мощности ветровой установки:

$$N = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot V^3 \cdot A, \quad (1)$$

где C – коэффициент типа ветрового колеса-ротора, ρ – плотность воздуха, кг/м^3 , V – скорость ветра, м/с , A – ометаемая площадь, м^2 .

Установка с вертикальной осью вращения (рисунок 1). Два ротора 1 и 2 с валами вращаются в раме 3 в разные стороны. Ротор 1 вращает статор 4, а ротор 2 вращает ротор генератора 5 в другую сторону. В данной схеме каждый ротор 1 и 2 ловит свой поток ветра. И, кажется, что эта схема даст увеличение мощности. Но этого не будет. Из формулы мощности видно, что мощность зависит от четырех факторов – скорости ветра, ометаемой

площади, плотности воздуха и коэффициента типа ротора. В данной схеме все эти параметры такие же как в обычной схеме, где два ротора 1 и 2 крутились бы в одну сторону. Мощность не изменится. Общая формула мощности равна.

$$N_0 = M_{кр} \cdot \omega = / \text{квт} / \quad (2)$$

$M_{кр}$ – крутящий момент, Нм , ω – окружная скорость, рад/с .

В данной схеме увеличивается ω генератора, но во столько же раз уменьшается крутящий момент $M_{кр}$ каждого ротора (уменьшается ометаемая площадь, площадь захвата ветрового потока).

Можно также утверждать, мощность каждого ротора равна:

$$N = M_{кр} \cdot \omega = / \text{квт} / \quad (3)$$

Мощность двух роторов равна

$$N_2 = 2 \cdot M_{кр} \cdot \omega = / \text{квт} / \quad (4)$$

Эта формула одинакова для схемы, где роторы крутятся в одну сторону или в разные стороны.

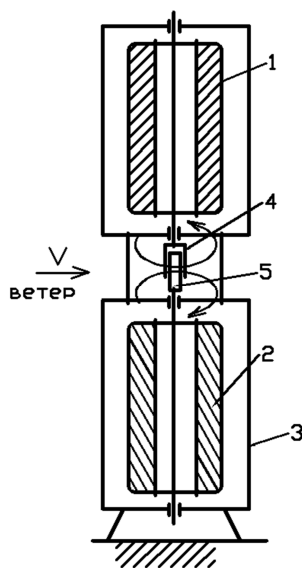


Рис. 1 – Установка с вертикальной осью вращения
Fig. 1 – Vertical axis installation

2. Ветровая установка с вертикальным (геликоидным) ротором (рисунок 2). Рисунок 2 взят из сайта <http://vetrogenerator.com.ua/>



Рис. 2 – Ветровая установка со спиралевидным ротором
Fig. 2 – Spiral rotor wind turbine

В последнее время стали часто предлагать делать спиралевидный (геликоидный) ротор ветровой энергоустановки с вертикальной осью.

Авторы утверждают, что такой ротор вращается более равномерно и стартует при малых скоростях ветров [3]. Рассмотрим полезность такого технического решения.

Равномерное вращение не является большим достоинством ветровой установки. Стартовать при слабых ветрах также не имеет большой ценности. При малых скоростях ветра практически нет энергии, использовать такой ветер не имеет смысла. Не забывайте, что мощность зависит от куба скорости. Если мы имеем скорость ветра 2 м/с и скорость 6 м/с, то мощность при большей скорости будет в 27 раз выше.

На рисунке 3 показаны три схемы взаимодействия лопасти ветровой установки с потоком ветра. Направление потока всегда горизонтально. Схема А – лопасть обычная прямая направлена вдоль оси вращения ротора. Сила ветра F направлена перпендикулярно поверхности лопасти и полностью работает на давление на лопасть и вращение ротора. Схема Б – лопасть находится под углом α к оси вращения справа. Сила F векторно разлагается на две силы: F_{\perp} – перпендикулярно к лопасти и F_{\parallel} – касательная к лопасти. Сила F_{\perp} давит на лопасть и вращает ротор. Сила F_{\parallel} давит вниз по лопасти и увеличивает момент трения в нижней опоре от веса ротора и вала, замедляя вращение. Схема В – также как схема Б, только угол α находится слева. Сила F_{\parallel} направлена вверх по

лопасти и уменьшает момент трения в нижней опоре.

Сила F_{Π} равна:

$$F_{\Pi} = F \cdot \cos \alpha \quad (5)$$

Сила F_{Π} всегда будет меньше силы F . То есть КПД схем Б и В ветровой установки всегда будет меньше, чем для схемы А.

Длина лопасти в схеме А равна L . Для схем Б и В длина лопасти будет равна:

$$L_{БВ} = \frac{L}{\cos \alpha} \quad (6)$$

Длина лопасти в схемах Б и В всегда будет больше. Повышается материалоемкость изделия. Также технология изготовления лопасти в схемах Б и В будет сложнее, значит повысится стоимость изготовления.

Также некоторые авторы утверждают, что спиральный ротор больше использует силу давления ветра, которая

больше чем его кинетическая энергия. Хотя не совсем понятно, почему они разделяют эти силы. Но следует знать, что теоретически КПД ветровой установки не может быть более 59% [3], в реальности обычно не более 45%, мешают силы трения. Причем при этом скорость ветра за ротором будет в три раза меньше исходной. Ветер должен не только отдать свою энергию ротору, но оставить ее часть на то, чтобы уйти из зоны ротора и дать возможность подойти в нее другой порции ветра. Если забрать у ветра всю энергию, то за ротором образуется неподвижная стена воздуха (скорость которого равна нулю). Следовательно, ветер просто прекратится, он будет врезаться в этот неподвижный воздух как в стену.

В итоге имеем негативные факторы: понижение КПД, увеличение материалоемкости, увеличение стоимости против двух факторов, польза которых сомнительна.

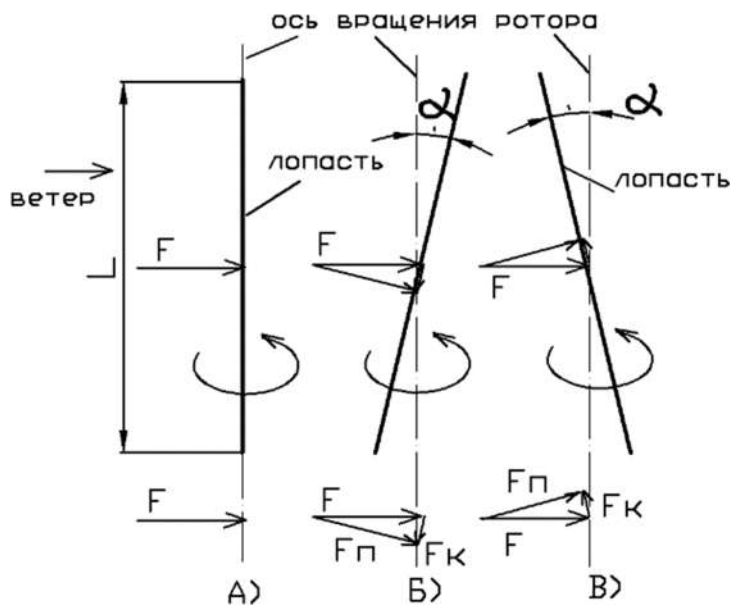


Рис. 3 – Схемы ветровой установки
Fig. 3 – Schemes of wind installations

Исследование. Авторы предлагают развитие конструкций ВЭУ с вертикальной осью в направлении упрощения и удешевления конструкции [4,5,6]. В частности, предлагается заменить

вращающийся вертикальный вал на неподвижную ось.

Рассмотрим известную старую схему (рисунок 4А), длинный вал 1 должен быть установлен в двух вращательных

опорах 2, установленных в корпусе 3. Расстояние между опорами 2 достаточно большое. Неточности изготовления вала 1 и опор 2, деформации не позволят валу 1 свободно вращаться вместе с ротором 4 и вращать генератор 5.

Предлагаемая схема (рисунок 4Б) позволяет компенсировать погрешности неподвижной оси 1 за счет независимого вращения втулок 2 и деформации самого ротора 3, что позволит вращаться генератору 4 от ротора 3 через зубчатую пару.

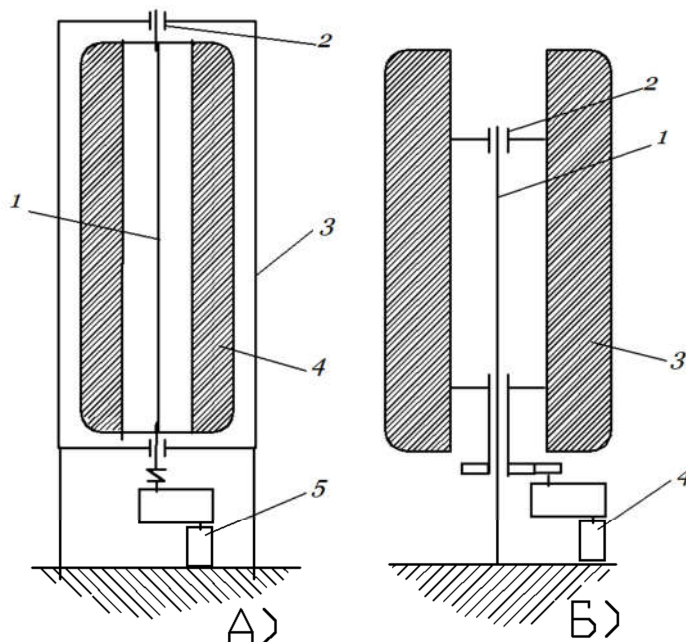


Рис. 4 – А) старая схема ВЭУ, Б) новая схема ВЭУ
Fig. 4 – А) the old scheme of wind turbines, В) the new scheme of wind turbines

Применение предлагаемой конструкции ветровой системы позволит упростить технологию изготовления. Для оси не требуется опоры в верхней точке. Все эти факторы значительно упрощают технологию изготовления ВЭУ, примерно на 25-30%. Следует отметить, что именно проблема длинного вертикального вала является основной, сдерживающей широкое применение роторных ВЭУ на практике. Также масса втулок намного меньше массы длинного вала, следовательно сила их веса будет создавать намного меньший момент трения в нижней вращательной опоре, что несомненно повысит коэффициент полезного действия (КПД) установки. Данное решение может быть применено в

любой схеме ВЭУ с вертикальной осью вращения ротора, например, схема Савониуса, Дарье, Эванса, Масгрува, карусельная и т.д.

Выводы. Применение предлагаемой конструкции ветровой установки позволит:

1. Упростить технологию изготовления. Сделать неподвижную ось проще, чем вал, не надо делать раму.
2. Уменьшить металлоемкость на 20% - нет рамы.
3. Уменьшить износ подшипников, на них меньше нагрузка.
4. Упрощается монтаж ВЭУ.
5. Все это уменьшит стоимость механической части ВЭУ примерно в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каскирбаев К.К. Инновационный патент РК №29044. Парусный ветродвигатель с вертикальной осью вращения, МПК F03D03/00 опубл. 15.10.2014.

- [2] Шефтер Я.И., Рождественский И.В. Изобретателю о ветродвигателях и ветроустановках. Изд. министерства сельского хозяйства СССР.- М. – 1957.- 145 с.
- [3] Чижма С. Н., Молчанов С. В., Захаров А. И., Критерии выбора типа ветроустановок для мобильных ветро-солнечных электростанций. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2018. № 1, с. 53-62.
- [4] Аскарлов Е.С. Инновационный патент РК №22192. Ветроустановка энергетическая система с вертикальной осью вращения ветроколеса МПК F03D03/06, опубли. 15.01.2010 г.
- [5] Аскарлов Е.С. Инновационный патент РК №29297, Ветроустановка энергетическая система с составной вертикальной осью вращения ветроколеса, МПК F03D03/06 опубли. 15.12.2014 г.
- [6] Аскарлов Е.С. Разработка ветровой энергетической системы с неподвижной вертикальной осью // Вестник машиностроения, М. № 10, 2015, с.85-87.

REFERENCES

- [1] Kaskirbaev K.K. Innovative patent of RK №29044, *Parusnyj vetrodvigatel' s vertikal'noj os'ju vrashhenija* [in Russian: Sailing wind turbine with vertical axis of rotation] MPK F03D03/00 publ. 15.10.2014.
- [2] Shefter Ja.I., Rozhdestvenskij I.V. *Izobretatelju o vetrodvigateljah i vetroustanovkah* [in Russian: To the inventor about wind drivers and wind turbines] USSR Ministry of Agriculture Publishing House, M. 1957, 145 p.
- [3] Chizhma S. N., Molchanov S. V., Zaharov A. I., *Kriterii vybora tipa vetroustanovok dlja mobil'nyh vetro-solnechnyh jelektrostantsij* [in Russian: Criteria for choosing the type of wind turbines for mobile wind-solar power plants] Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant. Series: Physical, Mathematical, and Technical Sciences.. 2018. № 1. p. 53-62.
- [4] Askarov E.S. Innovative patent of RK №22192 , *Vetrovaja jenergeticheskaja sistema s vertikal'noj os'ju vrashhenija vetrokolesa* [in Russian: Wind power system with vertical axis of rotation of a wind wheel] MPK F03D03/06 , publ. 15.01.2010.
- [5] Askarov E.S. Innovative patent of RK № 29297, *Vetrovaja jenergeticheskaja sistema s sostavnoj vertikal'noj os'ju vrashhenija vetrokolesa* [in Russian: Wind power system with a composite vertical axis of rotation of the wind wheel], MPK F03D03/06 publ. 15.12.2014.
- [6] Askarov E.S. *Razrabotka vetrovoj jenergeticheskoy sistemy s nepodvizhnoj vertikal'noj os'ju* [in Russian: Development of a wind energy system with a fixed vertical axis] // Bulletin of Mechanical engineering, M. №10, 2015, p. 85-87.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОВЫХ УСТАНОВОК С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ ВЕТРОВОГО КОЛЕСА

Аскарлов Ерлан Сейткасымович, к.т.н., профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан.

Жанкелді Әділет Жанкелдіұлы, PhD, тьютор, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан.

Дюсебаев Ильяс Мурзаханович, докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан.

ЖЕЛ ДӨНГЕЛЕГІ ВЕРТИКАЛЬДЫ ОСІ БАР ЖЕЛ ОРНАТУЛАР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖЕТІЛДІРУІНІҢ ДАМУ БАҒЫТЫН ЗЕРТТЕУ

Аскарлов Ерлан Сейткасымович, т.ғ.к., профессор, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан.

Жанкелді Әділет Жанкелдіұлы, PhD, тьютор, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан.

Дюсебаев Ильяс Мурзаханович, докторант, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан.

Аңдатпа. Бұл мақалада қолданыстағы жел орнатуларына шолу жасалды. Жел қуаты маңызды. Бұл экологиялық және экономикалық факторларға байланысты. Көміртегі отындары - көмір, мұнай, газ көптеген өндірістік газдарды құрайды, сонымен қатар отынның бұл түрлері таусылады. Жел электр станциялары (жел турбиналары) бүкіл әлемде кең таралуда. Авторлар вертикальді осьті жел турбиналары конструкциясын жеңілдету және арзандату бағытында дамытуды ұсынады. Соның ішінде, вертикальді айналатын білікті қозғалмайтын оське ауыстыру ұсынылады.

Түйін сөздер: жел турбиналары, вертикальді ось, бекітілген ось, жел энергиясы, горизонтальді ось.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.248-255

METHOD FOR MONITORING HIGH-VOLTAGE PAPER-OIL INSULATION

Bekmuhambet Kangozhin, Dr.Sci.(Eng.), Professor, al-Farabi Kazakh National University, Almaty; almaty_bek@inbox.ru

Meruert Zharmagambetova, Cand.Sci.(Eng.), docent, al-Farabi Kazakh National University, Almaty; zh_meruert.s@mail.ru

Suhrabdzhан Dautov, Master (Eng.), doctoral student, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty; sukhrab_dautov@list.ru

ZHumazhan Serikkaliyev, Master (Eng.), teaching assistant, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Almaty; zhumazhan_93@mail.ru

Abstract. The paper considers the method of measuring $\text{tg}\delta$ and capacitance under operating voltage, and shows the scheme of bridge measurements at high voltage. Known diagnostic methods do not allow to determine local BMI defects of the capacitor type at early stages. But these defects are the cause of failure of the high-voltage BMI. The widely used method of measuring $\text{tg}\delta$ and the electrical insulation capacity of disconnected equipment does not allow detecting local concentrated defects due to the low value of the applied voltage-10 kV [1]. This disadvantage can be eliminated by diagnosing the state of electrical insulation by measuring the $\text{tg}\delta$ and the capacitance under operating voltage. The method of measuring $\text{tg}\delta$ and the capacitance of paper-oil insulation of the capacitor type under the operating voltage is based on the use of a traditional bridge scheme, in which the test voltage is the operating voltage, and the reference is the same device of another connection in the same phase.

The method is based on the assessment of changes in $\text{tg}\delta$ at the earliest stages of development of the defect. Insulation damage in the initial stage usually develops slowly, there is a partial breakdown of the insulation between the BMI plates, and the leakage current increases. In the future, the damage may develop faster and go into a short circuit. The efficiency of monitoring high-voltage paper-oil insulation under operating voltage is shown.

The method of monitoring BMI under operating voltage has shown high efficiency in the diagnostics of equipment at EGRES-2. In particular, the presence of a defect in the initial stage of development in the CS-220 kV overhead line 2377 was revealed. This defect was not detected by other diagnostic methods.

Keywords: diagnostics under operating voltage, the tangent of the angle of dielectric losses, the dependence of the tangent of the angle on temperature, insulation defects.

УДК 621.313

Б.Р. Кангожин¹, М.С. Жармагамбетова¹, С.С. Даутов², Ж.С. Сериккалиев²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

МЕТОД КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ БУМАЖНО-МАСЛЯНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Аннотация. В работе рассмотрен метод измерения $\text{tg}\delta$ и емкости под рабочим напряжением, приведена схема мостовых измерений на высоком напряжении. Известные методы диагностики не позволяют определить местные дефекты БМИ конденсаторного типа на ранних стадиях. Но именно эти дефекты являются причиной выхода из строя высоковольтной БМИ. Широко распространенный метод измерения $\text{tg}\delta$ и ёмкости электрической изоляции отключенного оборудования не позволяет выявить местные сосредоточенные дефекты в связи с малым значением приложенного напряжения-10 кВ [1]. Устранить этот недостаток позволяет диагностика состояния электрической изоляции методом измерения $\text{tg}\delta$ и ёмкости под рабочим напряжением. Методика измерений $\text{tg}\delta$ и ёмкости бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа под рабочим напряжением

основана на использовании традиционной мостовой схемы, в которой испытательным напряжением является рабочее напряжение, а эталоном является такой же аппарат другого присоединения на той же фазе.

Метод основан на оценке изменений $\text{tg}\delta$ на самых ранних стадиях развития дефекта. Повреждение изоляции в начальной стадии развивается, как правило, медленно, происходит частичный пробой изоляции между обкладками БМИ, увеличивается ток утечки. В дальнейшем повреждение может развиваться быстрее и перейти в короткое замыкание. Показана эффективность контроля высоковольтной бумажно-масляной изоляции под рабочим напряжением.

Метод контроля БМИ под рабочим напряжением показал высокую эффективность при диагностике оборудования на ЭГРЭС-2. В частности, было выявлено наличие дефекта в начальной стадии развития в КС-220 кВ ВЛ 2377. Этот дефект не был выявлен другими методами диагностики.

Ключевые слова: диагностика под рабочим напряжением, тангенс угла диэлектрических потерь, зависимость тангенса угла от температуры, дефекты изоляции.

Ввод трансформаторных групп, трансформаторы тока (ТТ), конденсаторы связи (КС) 220-500 кВ на Экибастузской ГРЭС-2 имеют бумажно-масляную изоляцию (БМИ). Характерными причинами их повреждений являются местные дефекты, развитие которых приводит либо к тепловому пробую, либо к появлению частичных разрядов и электрическому пробую основной изоляции. За аксиому принимается, что старение изоляции приводит к ухудшению её изоляционных характеристик. Однако опыт эксплуатации показывает, что изоляция, в которой не появилось дефекта, например, увлажнения, вызывающего изменение $\text{tg}\delta$, эта характеристика остается стабильной в течение всего срока службы аппарата.

Известные методы диагностики не позволяют определить местные дефекты БМИ конденсаторного типа на ранних стадиях [1]. Но именно эти дефекты являются причиной выхода из строя высоковольтной БМИ. Повреждение изоляции в начальной стадии развивается, как правило, медленно, происходит частичный пробой изоляции между обкладками БМИ, увеличивается ток утечки. В дальнейшем повреждение может развиваться быстрее и перейти в короткое замыкание.

Методические указания и нормы [1,2] предусматривают использование при

диагностике высоковольтной изоляции не предусмотренных ими, но подтвердивших свою эффективность методы испытаний. В этой связи актуальны методы диагностики изоляции под рабочим напряжением, позволяющие определять степень развития и опасность возможных местных дефектов на ранних стадиях развития.

Широко распространенный метод измерения $\text{tg}\delta$ и ёмкости электрической изоляции отключенного оборудования не позволяет выявить местные сосредоточенные дефекты в связи с малым значением приложенного напряжения-10 кВ [1]. Устранить этот недостаток позволяет диагностика состояния электрической изоляции методом измерения $\text{tg}\delta$ и ёмкости под рабочим напряжением. Метод основан на оценке изменений $\text{tg}\delta$ на самых ранних стадиях развития дефекта [3]. Из зависимости $\text{tg}\delta=f(U)$ (рисунок 1) следует, что $\text{tg}\delta$ изоляции без дефектов или изоляции с распределённым дефектом не зависит от величины напряжения, если при этом обеспечена требуемая точность измерений, и соответствует величине $\text{tg}\delta$ при рабочем напряжении. Поэтому в [1] принято измерение $\text{tg}\delta$ при $U_{\text{исп}}=10$ кВ. При измерениях на заводе после изготовления аппарата обычно измеряют tg при нескольких значениях $U_{\text{исп}}$, начиная с $U_{\text{исп}}=35$ кВ и до $U_{\text{исп}}=U_{\text{раб.макс}}$. Заводские инструкции рекомендуют при измерениях

в эксплуатации сравнивать полученные значения $\text{tg}\delta$ при $U_{\text{исп}}=10$ кВ со значениями $\text{tg}\delta$, полученными на заводе при $U_{\text{исп}}=35$ кВ. Следует обратить внимание на тот факт, что величины $\text{tg}\delta$, измеренные на заводе при разной величине

напряжения, не отличаются друг от друга, а в ряде случаев наблюдается даже некоторое снижение $\text{tg}\delta$ с ростом напряжения. Это объясняется тем, что с ростом напряжения увеличивается точность измерения $\text{tg}\delta$.

Влияние дефектов изоляции на зависимость $\text{tg}\delta$ от приложенного напряжения

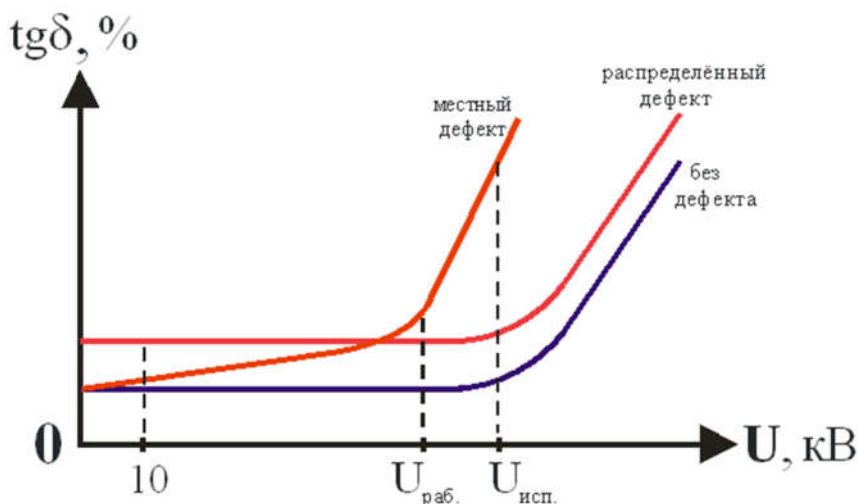


Рисунок 1 - Зависимость $\text{tg}\delta$ от величины напряжения для ввода без дефекта, с местным дефектом и с распределённым дефектом

Figure 1 - Dependence of $\text{tg}\delta$ on the voltage value for input without defect, with local defect and with distributed defect

У изоляции с местным дефектом $\text{tg}\delta$ зависит от напряжения, и поэтому, измерив $\text{tg}\delta$ на 10 кВ, нельзя экстраполировать эту величину на величину $\text{tg}\delta$ при рабочем напряжении [4]. Эту величину необходимо измерить под рабочим напряжением.

Методика измерений $\text{tg}\delta$ и ёмкости бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа под рабочим напряжением основана на использовании традиционной мостовой схемы, в которой испытательным напряжением является рабочее напряжение, а эталоном является такой же аппарат другого присоединения на той же фазе.

Сущность метода очевидна из рисунка 2. Производятся измерения

значения $\text{tg}\delta$ каждого изделия относительно объекта, выбранного за эталон. Полученные значения $\text{tg}\delta$ являются разностью $\Delta\text{tg}\delta_{\text{ИЗМ}} = \text{tg}\delta_{\text{ИО}} - \text{tg}\delta_{\text{ЭТ}}$ (ио - измеряемый объект, эт - эталонный объект), которая может иметь как положительное, так и отрицательное значение в зависимости от абсолютных значений $\text{tg}\delta$ сравниваемых объектов. Истинные значения $\text{tg}\delta_{\text{ИСТ}}$ измеряемого объекта определяются путем сложения, полученной измерениями разности $\Delta\text{tg}\delta = \Delta\text{tg}\delta_{\text{ИЗМ}}$ с $\text{tg}\delta$ эталонного объекта (рисунок 2) с полученным при измерениях знаком:

$$\text{tg}\delta_{\text{ИСТ}} = (\pm \Delta\text{tg}\delta_{\text{ИЗМ}}) + \text{tg}\delta_{\text{ЭТ}} \quad (1)$$

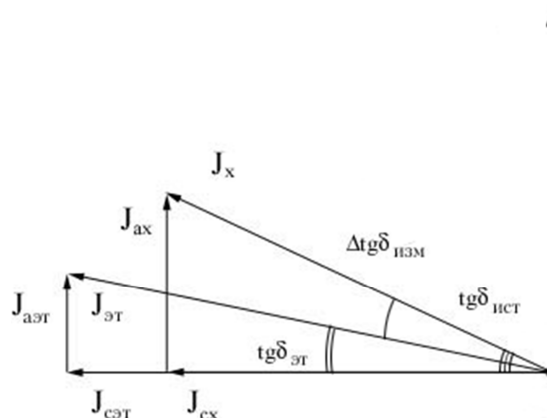


Рисунок 2 - Векторная диаграмма измерений мостом с использованием эталона с $\text{tg}\delta_{\text{ЭТ}} \neq 0\%$
Figure 2 - Vector diagram of bridge measurements using a standard with $\text{tg}\delta_{\text{ЭТ}} \neq 0\%$

Оценка состояния БМИ производится сравнением результатов первых измерений с данными измерений на заводе, а последующих измерений с данными первых измерений. Браковочным показателем является отличие при первом измерении на $\Delta \text{tg}\delta = \text{tg}\delta_{\text{изм}} - \text{tg}\delta_{\text{зав}} \geq 0,3\%$, а при последующих: $\Delta \text{tg}\delta = \text{tg}\delta_{\text{изм}} - \text{tg}\delta_1$ $\text{изм.} \geq 0,3\%$.

Для выполнения работ по контролю БМИ под рабочим напряжением используются мосты для измерения диэлектрических потерь, сертифицированные Госстандартом РК и имеющие свидетельства о поверке. До проведения первых измерений необходимо оборудовать все изделия БМИ высокого напряжения (вводы, ТТ 220 и 500 кВ), диагностируемые под рабочим напряжением, устройствами, позволяющими безопасно для персонала и оборудования подключить схему измерения к измерительному мосту. Для этого на вводах 500 кВ, оснащённых устройствами КИВ используются релейные испытательные блоки типа БИ-6, включённые в первичную цепь КИВ-500, перед согласующими трансформаторами [5]. Для тех же целей на вводы 220 кВ и ТТ-500 кВ установлены устройства ДВ-2 и УР-500.

Трансформаторы и объекты, принимаемые за эталон, должны быть подключены к одной системе шин или к соединённым выключателям системам

шин. Основное условие: наличие гальванической связи по ошиновке ОРУ-220 (ОРУ-500).

В частности, при измерениях вводов трансформаторных групп 220 кВ АО «Станция ЭГРЭС-2» за эталон принимались вводы трансформатора 02Т. При измерениях вводов 500 кВ за эталон принимались вводы блочного трансформатора 1Т. При измерениях ТТ-500 кВ за эталон принимались ТТ 502 [6]. За характеристики эталона берутся заводские характеристики эталонов или значения $\text{tg}\delta$ и ёмкости по данным предыдущих измерений с отключением.

Изоляция электрических аппаратов рассчитывается так, что в пределах от 0 до максимального рабочего напряжения $U_{\text{раб. макс.}}$ не зависит от величины приложенного напряжения, так как с ростом напряжения пропорционально растут обе составляющие тока через изоляцию. При появлении местного дефекта повышение напряжения приводит к частичным разрядам во включениях (газовых и жидкостных), имеющихся в диэлектрике. При этом за счет дополнительных потерь, вызванных частичными разрядами, $\text{tg}\delta$ начинает резко возрастать. В бумажно-масляной изоляции процесс частичных разрядов с ростом напряжения охватывает все больший объем, вызывая интенсивное разрушения изоляции, обычно приводящее к пробое. Это явление сопровождается ростом $\text{tg}\delta$.

Еще один важный вывод следует из характера зависимости $\text{tg}\delta = f(U)$: при переходе на измерения $\text{tg}\delta$ под рабочим напряжением нормируемые значения $\text{tg}\delta$ не изменяются, так как для изоляции, не имеющей дефектов, $\text{tg}\delta$ не зависит от величины напряжения, при котором проводятся измерения вплоть до значения, равного максимальному рабочему напряжению (рисунок 1).

В том случае, если при измерениях $\text{tg}\delta$ при различных значениях $U_{\text{исп}}$ получены разные значения $\text{tg}\delta$, то это однозначно указывает на наличие местного дефекта, дальнейшее развитие которого

обязательно приведет к повреждению оборудования. В этом случае диагностирующим параметром становится не столько абсолютная величина $\text{tg}\delta$, сколько наличие или отсутствие разницы в значениях $\text{tg}\delta$ при разной величине $U_{\text{исп}}$.

Переходя к схемам тангенса угла диэлектрических потерь под рабочим напряжением необходимо отметить, что не все из известных схем одинаково работоспособны. Большинство схем строится на основе схемы, приведенной на рисунке 3,б. Мост P5026 присоединяется к эталонному и измеряемому объектам через устройства УПО.

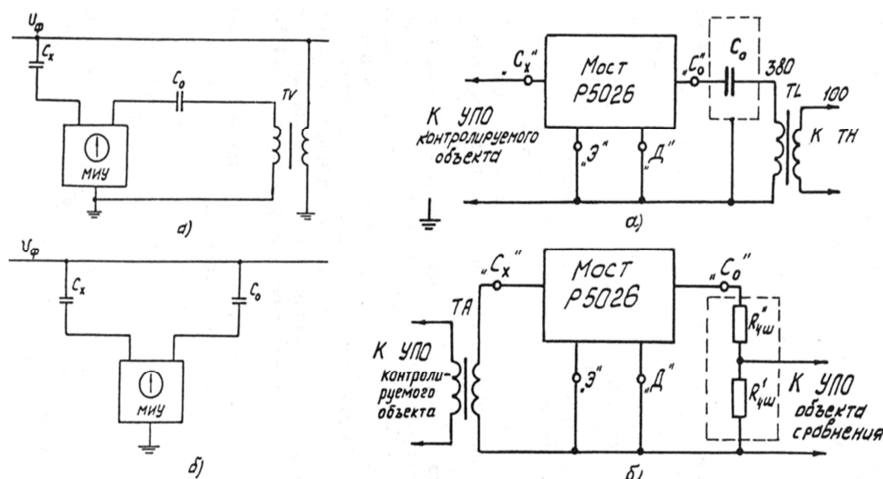


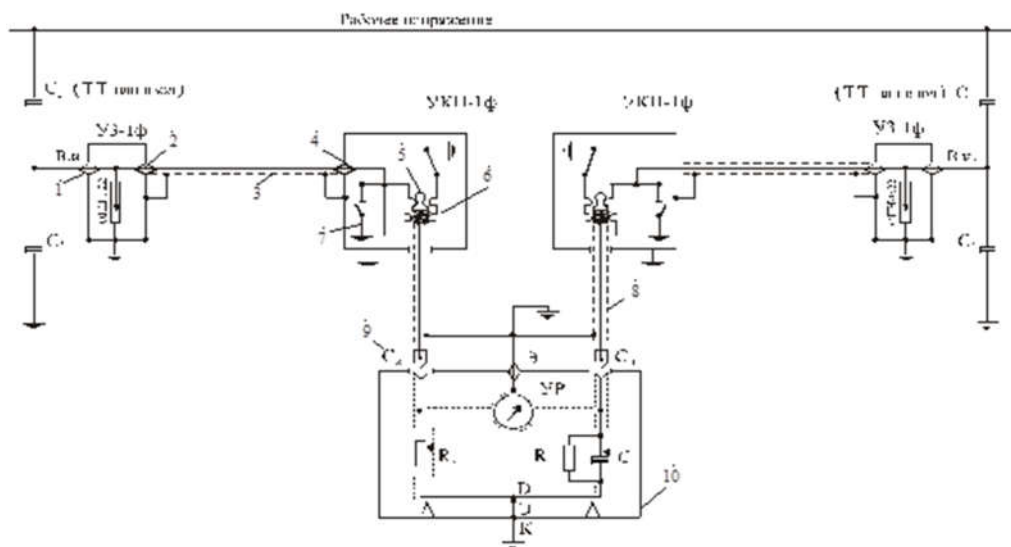
Рисунок 3 – а) блок-схемы измерения $\text{tg}\delta$ ввода или ТТ с использованием в качестве эталонного вторичного напряжения трансформатора напряжения той же фазы; б) - с использованием в качестве эталонного напряжения другого ввода или ТТ той же фазы

Figure 3 – a) block diagrams for measuring the $\text{tg}\delta$ input or TT using a voltage transformer of the same phase as the reference secondary voltage; b) using another input or TT of the same phase as the reference voltage.

Измерение $\text{tg}\delta$ и ёмкости вводов и ТТ под рабочим напряжением по схемам, предлагаемыми на рисунке 3, не позволяет выявлять дефекты, развитие которых приводит к повреждениям вводов и ТТ, на той стадии развития, когда ещё можно предотвратить их повреждение. На результаты измерений $\text{tg}\delta$ и ёмкости вводов и ТТ по этим схемам влияют изменения разности потенциалов в точках присоединения элементов схемы к контуру заземления. Исходя из этого, контроль $\text{tg}\delta$ и ёмкости вводов и ТТ по этим схемам не

применим для диагностики вводов и ТТ под рабочим напряжением

В работоспособной схеме связь измерительной цепи с «землёй» выполняется только в одной точке – диагональ мостовой схемы (рисунок 4). В этой схеме, как было обосновано выше, объект с известным значением $\text{tg}\delta$ принимается за эталонный, и относительно него проводятся измерения всех остальных объектов [3].



1-измерительный вывод ТТ (или ввода); 2-гермоввод в УЗ-1ф; 3-экранированный провод (жила-2,5 мм², мед многопроволочная); 4-гермоввод в УКИ-1ф; 5-штекер; 6-стереогнездо; 7-рубильник однополюсный; 8-удлинитель проводника измерительного моста а; 9-С_х, Э и С_Н-клемы измерительного моста а; 10-измерительный мост.

Рисунок 4 - Схема измерений характеристик изоляции вводов и ТТ под рабочим напряжением.

Связь измерительной цепи с землёй только в одной точке: «Д» (диагональ моста).

Figure 4 - Scheme for measuring the insulation characteristics of inputs and TT under operating voltage.

The connection of the measuring circuit with the ground is only at one point: «D» (diagonal of the bridge).

Точность измерений соответствует заводским или лабораторным измерениям. В качестве эталонного объекта может быть использован любой объект с известными значениями $\text{tg}\delta$ и емкости. Для организации измерений $\text{tg}\delta$ и емкости вводов и ТТ-500 кВ на АО «Станция ЭГРЭС-2» установлены блоки БИ-6 в цепи КИВ-500 вводов блочных трансформаторов 1Т и 2Т. Для тех же целей на вводы 220 кВ и ТТ-500 кВ установлены устройства ДВ-2 и УР-500 [6].

В качестве эталона выбирают ввод или ТТ, заводские значения $\text{tg}\delta$ которого наименьшие из всех измеряемых объектов, при этом будут получены положительные значения измеряемой величины $\Delta\text{tg}\delta$. В случае получения отрицательных значений $\text{tg}\delta$ необходимо поменять местами эталонный и измеряемый объекты.

Для расчета емкости измеряемого объекта используется емкость эталонного объекта:

$$C_x = (C_{ЭТ} \times R) / R_3, \quad (2)$$

Таким образом, при переходе на измерения $\text{tg}\delta$ под рабочим напряжением нормируемые значения $\text{tg}\delta$ не изменяются, так как для изоляции, не имеющей дефектов, $\text{tg}\delta$ не зависит от величины напряжения, при котором проводятся измерения вплоть до значения, равного максимальному рабочему напряжению. В том случае, если при измерениях $\text{tg}\delta$ при различных значениях $U_{\text{исп}}$ получены разные значения $\text{tg}\delta$, то это однозначно указывает на наличие местного дефекта, дальнейшее развитие которого обязательно приведет к повреждению оборудования. В этом случае диагностирующим параметром становится не столько абсолютная величина $\text{tg}\delta$, сколько наличие или отсутствие разницы в значениях $\text{tg}\delta$ при разной величине $U_{\text{исп}}$.

Метод контроля БМИ под рабочим напряжением показал высокую

эффективность при диагностике оборудования на ЭГРЭС-2. В частности, было выявлено наличие дефекта в начальной стадии развития в КС-220 кВ ВЛ 2377. Этот дефект не был выявлен другими методами диагностики [6].

Выводы:

1. Изменение $tg\delta_{изм}$ относительно $tg\delta_{зав}$ является браковочным критерием и

позволяет выявлять наличие дефекта в начальной степени развития.

2. Использование методики контроля бумажно-масляной изоляции под рабочим напряжением позволяет отказаться от других видов испытаний, по крайней мере, до достижения контролируемыми параметрами предельных значений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» Изд.шестое. -М.: ЭНАС.1998.
- [2] РД ЭО-0189-00 Методические рекомендации по диагностике силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов и их вводов на рабочем напряжении.- М.: Концерн РОСЭНЕРГОАТОМ, 1999.
- [3] Цирель Я.А., Поляков В.С., Шмерлинг Л.А. Измерение диэлектрических потерь высоковольтных вводов под рабочим напряжением // Электрические станции, 1975, N2.
- [4] Кангожин Б.Р., Даутов С.С., Жармагамбетова М.С., Косилов М.А. Техническая диагностика высоковольтного оборудования под рабочим напряжением. Вестник КазАТК, №3, ноябрь 2019.
- [5] МУ 34-70-39-83 Методические указания по техническому обслуживанию устройства КИВ. -М.: СПО Союзтехэнерго. 1983.
- [6] Отчет №01-05-1067-0015 «Система диагностирования электротехнического оборудования АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2», 2011 .

REFERENCES

- [1] RD 34.45-51.300-97 «*Obem i normy ispytani elektrooborýdovaniya*» [In Russian: Scope and standards of testing of electrical equipment]. Ed.sixth. - M.: ENAS.1998.
- [2] RD EO-0189-00 *Metodicheskie rekomendatsy po diagnostike silovyh transformatorov, avtotransformatorov, shýntnyúyúh reaktorov i ih vvodov na rabochem napriajenu*. [In Russian: Guidelines for diagnostics of power transformers, autotransformers, shunt reactors and their inputs at operating voltage] Moscow: Rosenergoatom Concern. 1999.
- [3] Ya. A. Tsirel, V. S. Polyakov, L. A. Shmerling. *Izmerenie dielektricheskíh poter vysokovolnyh vvodov pod rabochem napriajeniem* [In Russian: Measurement of dielectric losses of high voltage inputs under operating voltage] Electric stations, 1975, N2.
- [4] B. R. Kangozhin, S. S. Dautov, M. S. Zharmagambetova, M. A. Kosilov *Tehnicheskaja diagnostika vysokovolnogo oborýdovaniya pod rabochem napriajeniem*. [In Russian: Technical diagnostics of high-voltage equipment under operating voltage] Kazatk Bulletin, No. 3, November 2019.
- [5] MI 34-70-39-83 *Metodicheskie ýkazaniya po tehničeskomý obslýjivaníy ústrojstva*. [In Russian: Guidelines for maintenance of the KIV device] - M.: SPO Soyuztekhenergo. One thousand nine hundred eighty three
- [6] Report No. 01-05-1067-0015 «*Sistema diagnostirovaniya elektrotehnicheskogo oborýdovaniya AO «Stantsua Ekibastýzskaja GRES-2»*» [In Russian: Diagnostics system for electrical equipment of JSC Ekibastuzskaya GRES-2 Station], 2011.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ БУМАЖНО-МАСЛЯНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Кангожин Бекмухамбет Рашитович, д.т.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы,Казахстан; almaty_bek@inbox.ru

Жармагамбетова Меруерт Советовна, к.т.н., доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы,Казахстан; zh_meruert.s@mail.ru

Даутов Сухрабжан Срапулович, магистр, докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы,Казахстан; sukhrab_dautov@list.ru

Сериккалиев Жумажан Саинулы, магистр, ассистент-преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы,Казахстан; zhumazhan_93@mail.ru

ЖОҒАРЫ ВОЛЬТТЫ ҚАҒАЗ-МАЙЛЫ ОҚШАУЛАУДЫ БАҚЫЛАУ ӘДІСІ

Кангожин Бекмухамбет Рашитович, т.ғ.д., профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; almaty_bek@inbox.ru

Жармагамбетова Меруерт Советовна, т.ғ.к., доцент, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; zh_meruert.s@mail.ru

Даутов Сухрабжан Срапулович, магистр, докторант, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы; sukhrab_dautov@list.ru

Серікқалиев Жумажан Саниулы, магистр, ассистент-оқытушы, М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы; zhumazhan_93@mail.ru.

Андатпа. Жұмыс кезінде tgδ және жұмыс кернеуіндегі сыйымдылықты өлшеу әдісі қарастырылған, жоғары кернеудегі көпірлік өлшеу сұлбасы келтірілген. Диагностиканың белгілі әдістері ерте сатыда конденсаторлық типті БМИ жергілікті ақауларын анықтауға мүмкіндік бермейді. Бірақ бұл ақаулар сіз-шырынды БМИ істен шығуының себебі болып табылады. tgδ өлшеудің кең таралған әдісі және ажыратылған жабдықтың электр оқшаулағышының сыйымдылығы қоса берілген кернеудің - 10 кВ аз мәніне байланысты жергілікті шоғырлану ақауларын анықтауға мүмкіндік бермейді. Бұл кемшілікті жою tgδ өлшеу әдісімен электр оқшауламасының жай-күйін және жұмыс кернеуіндегі сыйымдылықты диагностикалауға мүмкіндік береді. Жұмыс кернеуіндегі конденсаторлық типті қағаз-майлы оқшаулаудың tgδ және сыйымдылығын өлшеу әдістемесі жұмыс кернеуі сынақ кернеуі болып табылатын дәстүрлі көпірлі схеманы пайдалануға негізделген, ал ЭТАЛОН сол фазадағы басқа қосылудың дәл осындай аппараты болып табылады.

Әдіс дефектта дамуының ең ерте кезеңдерінде tgδ өзгеруін бағалауға негізделген. Бастапқы кезеңде оқшаулаудың зақымдануы, әдетте, баяу дамиды, БМИ қалаулары арасындағы оқшаулаудың ішінара сынағасы шығады, ағу тогы артады. Одан әрі зақымдану жылдам дамуы және қысқа тұйықталу өтуі мүмкін. Жұмыс кернеуіндегі жоғары вольтты қағаз-май оқшаулауды бақылаудың тиімділігі көрсетілген.

Жұмыс кернеуіндегі БМИ бақылау әдісі ЕГРЭС-2-дегі жабдықты диагностикалау кезінде жоғары тиімділікті көрсетті. Атап айтқанда, КС-220 кВ ЭЖ 2377 бастапқы даму сатысында ақау анықталды. Бұл ақау диагностиканың басқа әдістерімен анықталған жоқ.

Түйін сөздер: жұмыс кернеуіндегі диагностика, диэлектрлік шығындар бұрышының тангенсі, температурадан тангенс бұрыштың тәуелділігі, оқшаулау ақаулары.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.255-262

THE CHARACTERISTICS OF THE GROUNDING DEVICE TO THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT OF A POST OF ELECTRIC CENTRALIZATION

Bekmuhambet Kangozhin, Dr.Sci.(Eng.), Professor, al-Farabi Kazakh National University, Алматы; almaty_bek@inbox.ru

Meruert Zharmagambetova, Cand.Sci.(Eng.), docent, al-Farabi Kazakh National University, Алматы; zh_meruert.s@mail.ru

Suhrabdzhan Dautov, Master (Eng.), doctoral student, Kazakh Academy of transport and communications after named M.Tynyshpaev, Алматы; sukhrab_dautov@list.ru

Saltanat Anarbayeva, Master (Eng.), senior lecturer, doctoral student, al-Farabi Kazakh National University, Алматы; salta_21.85@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the study of electromagnetic compatibility of compressed AIR at the post of the EC «Zhambyl». The results of computational and experimental studies of electromagnetic interference in electric circuits of EC are presented. The influence of grounding device circuits on the electromagnetic environment at the EC and DC posts is revealed. The Executive schemes of the control unit of the EC and DC post are compiled. The need to adjust the existing NTDS in terms of standards, frequency of volumes and methods of diagnostics of DCS, as an important device for ensuring EMC, is shown.

The transition from the relay-contact element base of railway automation and telemechanics systems to the microprocessor one is due to the need to expand the functionality of automated systems for technological control of train movement. Improving the reliability of microprocessor-based compressed air systems to the level of maintenance-free systems is impossible without the introduction of special protection measures against electromagnetic interference.

The complex task of ensuring electromagnetic compatibility consists in determining the most unfavorable electromagnetic environment, characterized by the greatest, but really possible electromagnetic effects in the locations of microprocessor devices and verifying their noise immunity. MD is noise-resistant if the value does not exceed the normalized values.

Keywords: electromagnetic interference, electromagnetic environment, electromagnetic compatibility, grounding device, electrical centralization, EC post, DC post, compressed, alarm, blocking.

УДК 621.313

Б.Р. Кангожин¹, М.С. Жармагамбетова¹, С.С. Даутов², С.Т. Анарбаева¹.

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ ОБСТАНОВКУ ПОСТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования электромагнитной совместимости СЖАТ на посту ЭЦ «Жамбыл». Приведены результаты расчётно-экспериментальных исследований электромагнитных помех в электрических цепях ЭЦ. Выявлено влияние схем заземляющих устройств на электромагнитную обстановку на постах ЭЦ и ДЦ. Составлены исполнительные схемы ЗУ поста ЭЦ, ДЦ. Показана необходимость корректировки существующих НТД в части норм, периодичности объёмов и методов диагностики ЗУ, как важного устройства обеспечения ЭМС.

Ключевые слова: электромагнитная помеха, электромагнитная обстановка, электромагнитная совместимость, заземляющее устройство, электрическая централизация, пост ЭЦ, пост ДЦ, СЖАТ, сигнализация, блокировка.

Переход от релейно-контактной элементной базы систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) к микропроцессорной обусловлен необходимостью расширения функциональных возможностей автоматизированных систем технологического управления движением поездов (АСТУДП). Повышение надёжности микропроцессорных СЖАТ до уровня необслуживаемых систем невозможна без введения специальных мер защиты от электромагнитных помех (ЭМП).

Комплексная задача обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) состоит в определении наиболее неблагоприятной электромагнитной обстановки (ЭМО), характеризуемой

наибольшими, но реально возможными электромагнитными воздействиями (ЭМВ) в местах расположения микропроцессорных устройств (МУ) АСТУДП и проверки их помехоустойчивости. МУ помехоустойчиво, если значение ЭМП не превышает нормированных значений [1].

Характерными видами отказов и сбоях по хозяйству сигнализации и связи являются выход из строя микропроцессорной и электронной элементной базы СЖАТ, «зависание» компьютерной техники и программного обеспечения, ложность сигналов, потеря контакта в управляющих цепях и др. В таблице приведены основные источники и

каналы передачи ЭМВ, приводящих к отказам СЖАТ.

Из таблицы видно, что заземляющее устройство (ЗУ) является одним из источников и основных каналов передачи ЭМП. От его характеристик зависят уровни ЭМП, которые в значительной мере определяют ЭМО.

Существующая нормативно-техническая документация (НТД) регламентирует ЗУ систем СЦБ

(сигнализация, централизация, блокировка) в целях обеспечения электробезопасности, рабочих режимов электрооборудования, измерения и грозозащиты. Однако их положения не отражают требования по обеспечению ЭМС микропроцессорных АСТУ. Это обуславливает необходимость обследования ЗУ СЦБ на ЭМО и разработку мероприятий по снижению уровня ЭМП [2].

Таблица 1 - Основные источники и каналы передачи различных видов ЭМП
Table 1 - Main sources and transmission channels of various types of EMF

№	Вид ЭМП	Источник ЭМП	Каналы передачи
1	Повышенные значения напряжения и тока промышленной частоты	Переходные процессы в заземляющих устройствах при коротких замыканиях	Заземляющее устройство
2	Низкочастотные помехи	Магнитные поля промышленной частоты, создаваемые силовыми	Заземленные экраны цепей СЦБ
3	Высокочастотные импульсы напряжений	Коммутации в индуктивных цепях низкого напряжения	Цепи электропитания постоянного и
4	Импульсные перенапряжения	Переходные процессы при ударах молнии и коротких замыканиях	Заземляющее устройство

Обследование реальной схемы и измерения сопротивления ЗУ постов ЭЦ и ДЦ на железнодорожной станции Тараз нами производилось специализированными приборами на частоте измерительного тока, исключающей внесение дополнительных погрешностей. Пост ЭЦ обеспечивает управление стрелками и светофорами с одного пульта манипулятора на станции Тараз. Пост ДЦ позволяет управлять стрелками и сигналами ряда станций из одного пункта и контролировать положение стрелок, занятость или свободность путей, показания входных и выходных сигналов в пределах контролируемого диспетчерского круга.

Для определения уровней ЭМП на системы АСТУДП при коммутациях, работе разрядников и при коротких замыканиях на шинах высокого напряжения, необходимо иметь данные по

заземляющему устройству объекта: исполнительную схему, удельное сопротивление грунта и импульсное сопротивление заземления оборудования, к которому подходят кабели от устройств ЭЦ и АСТУДП. Последние данные могут быть получены лишь экспериментальным путем.

Удельное сопротивление грунта определялось экспериментально методом вертикального электрического зондирования в виде зависимости удельного сопротивления ρ от глубины l [3].

При измерении удельного сопротивления грунта используется прибор КДЗ-1 (Комплект диагностики заземления), в который входит: ГСТ (генератор синусоидальных токов), вольтметр ИМПН. В результате расчетов и измерений получен график удельного сопротивления грунта (рисунок 1).

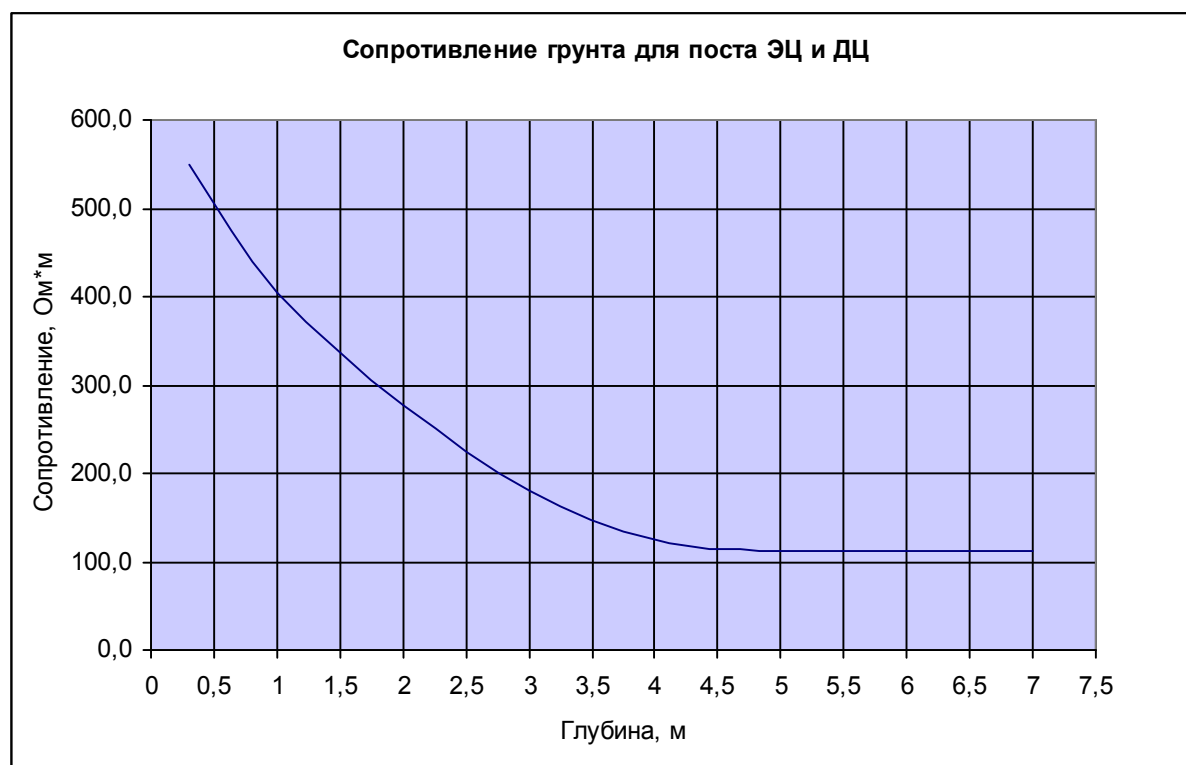


Рисунок 1 - Результаты измерения удельного сопротивления грунта для поста ЭЦ и ДЦ ж.д. станции «Тараз»

Figure 1 - Results of soil resistivity measurement for the EC and DC stations of the Taraz railway station»

Результаты измерений приводятся к двухслойной модели. Удельное сопротивление грунта ρ , приведенное к двухслойной модели, согласно проведенным измерениям (рисунок 1) составило: ρ верхнего слоя – 510 Ом·м (глубина 0,5 м) и ρ нижнего слоя - 111 Ом·м.

Сопротивление ЗУ поста ЭЦ и ДЦ измеряется по методу амперметра-вольтметра с помощью КДЗ-1 [4]. В результате измерений сопротивление ЗУ поста ЭЦ составило 3,85 Ом и поста ДЦ - 1,3 Ом, что соответствует нормам правил устройств электроустановок (допустимое сопротивление 4 Ом) [5].

Для определения реальной схемы ЗУ на постах ДЦ и ЭЦ поочередно выводы генератора КДЗ-1 (Комплект диагностики заземляющих устройств) подключаются к заземляющему проводнику на нескольких участках ЗУ постов. В шинах ЗУ создается ток частотой 419 Гц действующим значением 3-5 А. Далее при помощи

антенны и селективного вольтметра ИПМ-203 по магнитному полю определяются место расположения шин заземления [5]. Исполнительная схема ЗУ постов ЭЦ и ДЦ приведена на рисунке 2 (красные линии).

Условия ЭМС должны быть выполнены для всех видов кабелей СЦБ. При коммутациях и КЗ в первичных цепях протекают импульсные токи. Электромагнитные поля от этих токов создают импульсные помехи в цепях АСТУДП. Уровни наведенных импульсных помех зависят от расположения трассы прокладки вторичных кабелей по отношению, типа кабельной канализации и типа кабелей [6].

При коммутациях и коротких замыканиях на землю в результате переходного процесса в цепях высокого напряжения происходит разряд емкостей оборудования и шин на землю, и через заземлитель проходит импульсный ток высокой частоты. На заземляющем устройстве оборудования и в месте

короткого замыкания происходит импульсный подъем потенциала [7]. Этот потенциал с определенным

коэффициентом ослабления передается по кабелям на вход устройств систем СЦБ.

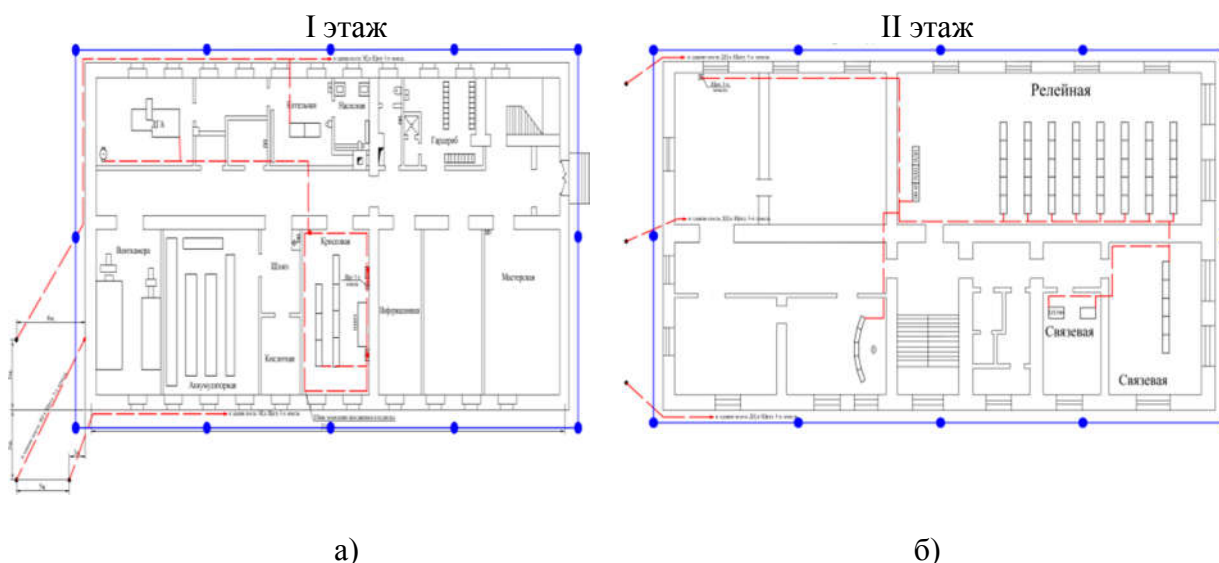


Рисунок 2 - Исполнительные схемы ЗУ постов ЭЦ и ДЦ ж.д. станции «Тараз»
Figure 2 - Executive schemes of the control system of the EC and DC stations of the Taraz railway station»

Для определения значений импульсных помех нами проведены имитационные испытания. Имитация высокочастотной составляющей тока короткого замыкания осуществляется при помощи генератора высокочастотных импульсов ГВЧИ-4П. Один вывод генератора подключается к заземляющему проводнику оборудования, к которому приходят кабели, а второй вывод генератора заземляется на расстоянии не менее 50 м от данного оборудования [8]. В заземление оборудования подаётся импульсный ток (колебательный затухающий импульс амплитудой до 10А с декрементом колебаний 3-5, частотой колебаний 0,5; 1,0 и 2,0 МГц). При этом проводятся измерения импульсных помех на входах устройств СЦБ. Также измеряется импульсный потенциал заземляющего устройства и определяется импульсное сопротивление заземления оборудования. Потенциал измеряют относительно точки, удаленной от места ввода тока на расстояние не менее 50 м в противоположном направлении от точки

заземления генератора. Высокая частота обуславливает резко неравномерное распределение потенциала на заземляющем устройстве. Чем меньше удельное сопротивление грунта, тем быстрее спадает потенциал на заземляющем устройстве по мере удаления от места ввода тока. На расстоянии 50 м от точки ввода импульсного тока потенциал падает более чем в 10 раз даже при сопротивлении грунта 500 Ом·м. Частота колебаний импульсных помех может изменяться от десятков килогерц до десятков мегагерц. Измерения при трех указанных частотах позволяют установить зависимость уровня импульсных помех от частоты. Результаты измерений при имитации импульсных помех приводятся к реальному значению высокочастотной составляющей тока короткого замыкания. Реальный ток определяются путем расчета переходного процесса при коммутациях и КЗ на землю с использованием программного обеспечения «Interference».

Компьютерный эксперимент по определению электромагнитных помех в

релейных цепях при коммутации разъединителя П-14, расположенного возле поста ЭЦ проводился в программном обеспечении «Interference» (Моделирование импульсных наводок и перенапряжений в разветвленных кабельных линиях).

Исследования показали, что импульсные излучаемые помехи в релейных цепях при КЗ/коммутациях могут превысить допустимые значения. Например, на релейном конце рельсовой цепи РЦ-114: при нормативном ЭМВ 2,5 кВ, измеренное составило 2.89/ 2.62 кВ [5].

Таким образом, исследования показывают, что заземляющее устройство поста ЭЦ и ДЦ не в полном объеме отвечает требованиям обеспечения электромагнитной совместимости [6]. В связи с этим необходимо выполнить прокладку дополнительных горизонтальных и установку дополнительных вертикальных заземляющих проводников в соответствии с рисунком (рисунок 2).

В соответствии с ПУЭ и выполненными расчетами предусмотрено установка вертикальных заземлителей. Данные мероприятия служат для снижения перенапряжений на элементах ЗУ вблизи кабельной трассы, которые вызваны растеканием импульсного тока по шинам заземлителя, а также для снижения импульсных помех (синие линии).

Проанализируем влияние реконструкции ЗУ на результатах исследования импульсных помех в цепях СЦБ при выполнении коммутаций в первичной сети. После выполнения рекомендуемых мероприятий значения снизились до 0,29/0,26 кВ, что ниже нормативных ЭМВ.

Данные мероприятия идут в дополнение к НТД [9, 10] по устройству ЗУ и позволяют выполнить требования по обеспечению ЭМС микропроцессорных СЖАТ.

Таким образом, существующие ЗУ на постах ЭЦ и ДЦ «Жамбыл» обеспечивают требования по электробезопасности, но не обеспечивают требования ЭМС к микропроцессорной СЦБ. Повышенные требования к ЗУ, как важному устройству обеспечения ЭМС обуславливают корректировку НТД в части норм, периодичности объемов и методов их диагностики.

Выводы

- В результате обследования составлена исполнительная схема ЗУ поста ЭЦ, поста ДЦ на ж.д. станции «Тараз». Определено удельное сопротивление грунта ρ поста ЭЦ «Жамбыл», приведенное к двухслойной модели: ρ верхнего слоя составило 510 Ом·м и ρ нижнего слоя - 111 Ом·м.

- Измерено сопротивление ЗУ поста ЭЦ равно 3,85 Ом и поста ДЦ - 1,3 Ом, что соответствует нормам правил устройств электроустановок.

- Установлено, что импульсные помехи в релейных цепях при КЗ/коммутациях могут превысить допустимые значения на релейном конце рельсовой цепи РЦ-114: при нормативном ЭМВ 2,5 кВ, измеренное составило 2,89/ 2,62 кВ. ЗУ поста ЭЦ и ДЦ отвечает требованиям обеспечения электробезопасности, но не в полном объеме требованиям электромагнитной совместимости.

- Реконструкция ЗУ снижает значения импульсных помех на релейном конце рельсовой цепи РЦ-114 до 0,29/0,26 кВ, что ниже нормативных ЭМВ.

- Заземляющее устройство поста ЭЦ и ДЦ не отвечает требованиям обеспечения ЭМС, что обуславливает необходимость реконструкции ЗУ и корректировки существующих НТД в части норм, периодичности объемов и методов диагностики ЗУ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5-2001). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.
- [2] Кангожин Б.Р., Электромагнитная совместимость автоматизированных систем технологического управления. Промышленный транспорт Казахстана, №1, 2016, с.44-49.
- [3] РД 153-34.0-20.525-00 «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок».
- [4] Методические указания по определению электромагнитной обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях. СО 34.35.311.2004, 2004г.
- [5] Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка рекомендаций по улучшению электромагнитной обстановки (ЭМО) на постах ЭЦ АО «НК «Қазақстан темір жолы», 2008г., 237с.
- [6] Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта. В.Н. Яковлев, В.И. Пантелеев, В.П. Суров. -М.: Издательский дом МЭИ. – 2010.-586 с.
- [7] Кангожин Б.Р., Даутов С.С., Омарова Т.М. Обеспечение электромагнитной совместимости при проектировании заземляющих устройств тяговых подстанций, Вестник КазАТК, 2014 г., №6, с.108-112
- [8] Даутов С.С., Инсепов Д.Г., Омарова Т.М. Исследование электромагнитной обстановки тяговой подстанции. Вестник КазАТК, 2014, №2, с.89-94
- [9] ГОСТ Р 50571.10-96 «Электроустановки зданий. Заземляющие устройства и защитные проводники»
- [10] Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем. РД 34.35.310-97 РАО «ЕЭС России»/ А.К. Белотелов, А.В. Григорьев, Ю.Н. Орлов, Н.П. Сантурян. - М.: ОРГРЭС. 1997, -250 с

REFERENCES

- [1] GOST 51317.6.5-2006 (IEC 61000-6-5-2001). *Sovmestimost tehniceskikh sredstv elektromagnitnaia* [In Russian: Compatibility of technical means is electromagnetic] Resistance to electromagnetic interference of technical means used in power plants and substations. Requirements and test methods.
- [2] Kangozhin B. R., *Elektromagnitnaia sovmestimost avtomatizirovannykh sistem tehnologicheskogo upravleniia*. [In Russian: Electromagnetic compatibility of automated process control systems] Industrial transport of Kazakhstan, no. 1, 2016, p. 44-49.
- [3] RD 153-34. 0-20. 525-00 «*Metodicheskie ykazanua po kontroly sostoianua zazemliai ystroiv elektroystanovok*» [In Russian: Guidelines for monitoring the state of grounding devices of electrical installations].
- [4] *Metodicheskie ykazanua po opredeleniy elektromagnitnoi obstanovki i sovmestimosti na elektricheskikh stantsiiah i podstantsiiah*. [In Russian: Guidelines for determining the electromagnetic environment and compatibility at power stations and substations] SINCE 34.35.311.2004, 2004.
- [5] *Otchet o naychno-issledovatel'skoi rabote «Razrabotka rekomendatsi po ylychsheniuy elektromagnitnoi obstanovki (EMO) na postah ETs AO «NK «Qazaqstan temir joly»* [In Russian: Report on research work "Development of recommendations to improve the electromagnetic environment (EMI) at the EC posts of JSC" NC " Kazakhstan Temir Zholy)], 2008, 237с.
- [6] *Elektromagnitnaia sovmestimost elektrooborydovaniua elektroenergetiki i transporta*. [In Russian: Electromagnetic compatibility of electrical equipment electric power and transport] V. N. Yakovlev, V. I. Panteleev, V. P. Surov. Moscow: publishing house of MEI. - 2010.-586 p.
- [7] Kangozhin B. R., Dautov S. S., Omarova T. M. *Obespechenie elektromagnitnoi sovmestimosti pri proektirovani zazemliai ystroiv tiagovykh pod-stantsi*, [In Russian: Ensuring electromagnetic compatibility in the design of ground devices for traction substations] Vestnik Kazatk, 2014, no. 6, pp. 108-112
- [8] Dautov S. S., Insepov D. G., Omarova T. M. *Issledovanie elektromagnitnoi obstanovki tiagovoi podstantsi* [In Russian: Investigation of the electromagnetic environment of a traction substation] Kazatk Bulletin, 2014, no. 2, pp. 89-94
- [9] GOST R 50571.10-96 «*Elektroystanovki zdanu. Zazemliaiye ystroistva i zaitnye provodniki*» [In Russian: Electrical installations of buildings. Earthing devices and protective conductors].
- [10] *Obie tehnicheskie trebovaniua k mikroprotsessornym ystroistvam zaity i avtomatiki energosistem*. [In Russian: General technical requirements for microprocessor devices for protection and automation of power systems] RD 34.35.310-97 of RAO UES of Russia. A. K. Belotelov, A.V. Grigoriev, Yu. N. Orlov, N. p. Santuryan. Moscow: ORGRES. 1997, -250 s

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ ОБСТАНОВКУ ПОСТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Кангожин Бекмухамбет Рашитович, д.т.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан; almaty_bek@inbox.ru

Жармагамбетова Меруерт Советовна, к.т.н., доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан; zh_meruert.s@mail.ru

Даутов Сухрабджан Срапулович, магистр, докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; sukhrab_dautov@list.ru

Анарбаева Салтанат Тулегеновна, магистр, старший преподаватель, докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан; salta_21.85@mail.ru

ЖЕРГЕ ТҮЙЫҚТАУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ОРТАЛЫҚТАНДЫРУ ПОСТЫНЫҢ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ

Кангожин Бекмухамбет Рашитович, т.ғ.д., профессор, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; almaty_bek@inbox.ru

Жармагамбетова Меруерт Советовна, т.ғ.к., доцент, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; zh_meruert.s@mail.ru

Даутов Сухрабджан Срапулович, магистр, докторант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы; sukhrab_dautov@list.ru

Анарбаева Салтанат Тулегеновна, магистр, аға оқытушы, докторант, Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы; salta_21.85@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада «Жамбыл» ЭО бекетінде электромагниттік үйлесімділігін зерттеу нәтижелері келтірілген. ЭЦ электр тізбектеріндегі электромагниттік бөгеуілдерді есептеу-эксперименталды зерттеу нәтижелері келтірілген. ЭЦ және ДЦ посттарындағы электромагниттік жағдайға Саңылау құрылғылары схемаларының әсері анықталды. ЭЦ, ДЦ постының ЗУ-толық схемалары құрастырылды. ЭМУ қамтамасыз етудің маңызды құрылғысы ретінде ЗУ диагностикасының нормалары, көлемі мен әдістері бөлігінде қауіпті НТҚ түзету қажеттілігі көрсетілген.

Түйін сөздер: электромагниттік кедергілер, электромагниттік жағдай, электромагниттік үйлесім, жерге қосу құрылғысы, электрлік орталықтандыру, ЭЦ посты, ДЦ посты, сығу, сигнал беру, бұғаттау.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.262-269

MODELING THE DISCLOSURE OF PHOTOVOLTAIC CELLS FOR SPACE VEHICLES

Dinara Kalmanova - candidate of pedagogical sciences, senior lecturer of Space technic and technology department's of physics and technology faculty, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan c., Kazakhstan, dinara_kalmanova@mail.ru.

Omirezak Abdirashev - lecturer of Space technic and technology department's of physics and technology faculty, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan c., Kazakhstan, omeke_92@mail.ru

Asanali Ornov - undergraduate of Space technic and technology department's of physics and technology faculty, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan c., Kazakhstan, asanali1997@mail.ru

Abstract. To date, in the global space sector, there is a demand for the development of small spacecraft with energy generators in the form of solar panels. Rapid progress in these areas is due to the short terms of development and production of satellites, their relatively low cost, and solar panels have established themselves as one of the most reliable and well-developed ways to supply the spacecraft with energy. The article presents a simulation of one of the key dynamic operations of spacecraft functioning –

the disclosure of solar cells in outer space. Modeling the disclosure of transforming structures makes it possible to explore other ways of disclosure and highlight the positive and negative aspects. Currently existing mechanical devices of solar cells have different ways of laying and construction of the solar battery, which is dictated by the requirements for operation and characteristics of the spacecraft on which it is equipped. Kinematic schemes of disclosure of the transformed design which has to provide reliable deployment and fixing of its knots in the set position and to guarantee performance of the imposed requirements on reliability, durability and accuracy are also analyzed. Also, the article describes the main structural elements of the solar cell package, which are: flat panels for installing a photoelectric Converter on them, frames and a device for opening the panels. All the advantages and disadvantages of solar cells are analyzed and taken into account, and the most suitable design solution for CubeSat satellites is chosen.

Keywords: simulation, solar panels, photovoltaic converters, spacecraft, flexible hinge.

УДК 55.49.29

Д.М. Калманова¹, О.К. Абдирашев¹, А.К. Орнов¹

¹Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСКРЫТИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Аннотация. На сегодняшний день в глобальной космической сфере отслеживается востребованность к развитию малых космических аппаратов с генераторами энергии в виде солнечных батарей. Бурное продвижение данных направлений объясняется короткими сроками разработки и производства спутников, их сравнительно невысокой стоимостью, а солнечные батареи утвердили себя как одни из самых надёжных и достаточно хорошо отработанных способов снабжения космического аппарата энергией. В статье представлено моделирование одной из ключевых динамических операций функционирования космических аппаратов – раскрытие солнечных батарей в космическом пространстве. Анализированы кинематические схемы раскрытия трансформируемой конструкции, которая должна обеспечивать надежное развертывание и фиксацию ее узлов в заданном положении и гарантировать выполнение предъявляемых требований по надежности, прочности и точности.

Ключевые слова: моделирование, солнечные батареи, фотоэлектрические преобразователи, космические аппараты, гибкий шарнир.

Будучи одной из главных динамических операций функционирования космических аппаратов (КА) процесс раскрытия солнечных батарей (СБ) напрямую влияет на исполнение общих задач полета. Таким образом, в случае отказа системы внутренние источники питания космического корабля позволяют ему работать более нескольких часов, после чего у системы будут необратимые изменения, которые восстанавливаются.

Этот факт предполагает высокие требования к надежности работы

солнечных систем и точности выбора характерных элементов системы.

Увеличение энергопотребления космических аппаратов связано с увеличением размеров и массы солнечных батарей, что ставит вопрос о непрерывной работе системы открывания фотоэлектрических преобразователей. Например, необходимо тщательно продумать сложные схемы открывания, включая механизмы синхронизации кабеля в отношении перемещения панели, активного или пассивного демпфирования.

Наземные эксперименты на стендах не позволяют в достаточной степени

воспроизвести реальные условия издательского процесса, например, полностью проверить остаточные скорости космического корабля при выдаче команды на открытие и надежность системы открытия. В результате, для подтверждения правильности принятых решений и правильность определенных параметров элементов системы открывания, необходимо смоделировать процесс размыкания фотоэлектрических преобразователей с учетом всех важных факторов.

Современные космические аппараты имеют базовые устройства, которые можно открывать во внешнем режиме, например, антенны различных профилей, которые преобразуют солнечную энергию в электричество, панель с солнечными панелями (СБ), стержень с датчиками и другие компоненты космической системы. Одним из основных этапов их работы является перевод такой плавучей космической конструкции из переносного состояния на рабочее место. Успех этого процесса будет зависеть от дальнейшей текучести используемого продукта.

Кинематическая схема вскрытия сменных конструкций выполняет основную и важную функцию - обеспечить надежное размещение и закрепление его узлов в определенном положении и точное соблюдение требований по надежности, прочности и точности взаимного расположения элементов конструкции. Изучение правильности решений, принятых при проектировании космического аппарата, дано математическим моделированием рабочих этапов исследуемого изделия.

Моделирование обнаружения структур преобразователей позволяет

изучать другие методы обнаружения и различать плюсы и минусы. Модель, разработанная для достижения этой цели, должна обеспечивать эффективное выполнение проверочных испытаний конструкции и анализ различных изменений их местоположения и перевода переносного типа в рабочее состояние.

Существующие механические устройства солнечных панелей имеют разную компоновку и режимы проектирования солнечных установок в зависимости от требований к эксплуатации и характеристик космического аппарата.

В основу классических компоновок механических устройств солнечных батарей входят:

- штанги солнечных батарей;
- солнечные батареи на основе панели;
- шарнирные узлы для раскрытия и фиксации панели в рабочем положении;
- системы синхронизации;
- механизм фиксации панели солнечных батарей в передвижном положении (замки для фиксации).

Вышеперечисленные части, кроме системы фиксации панели солнечных батарей,

вкуче составляют полноценное крыло СБ [1].

Рассмотрим подробнее три кинематических схемы раскрытия солнечных батарей (рисунок 1):

- конфигурация топологического дерева с системой тросовой синхронизации (а),
- конфигурация топологического дерева со вспомогательными боковыми панелями (б)
- Н-образная схема разворачивания солнечной батареи (в).

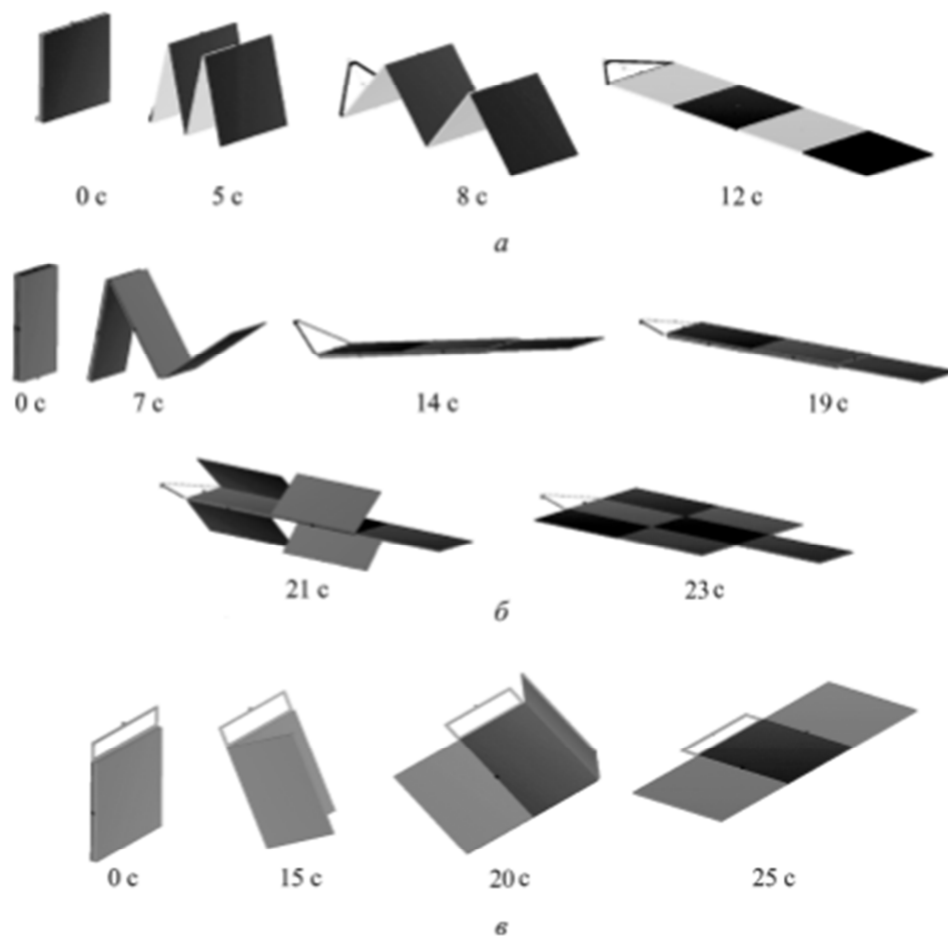


Рис.1 - Кинематические схемы раскрытия солнечных батарей
Fig.1 – Kinematic schemes of solar cells opening

Схема солнечных батарей, которая имеет конфигурацию топологического дерева с системой тросовой синхронизации, представлена на схеме 1.

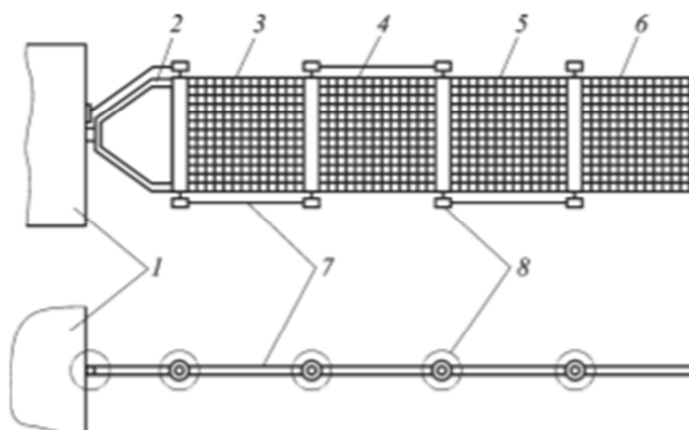


Схема 1 - Солнечные батареи, имеющие конфигурацию топологического дерева с системой тросовой синхронизации: 1 — корпус КА, 2 — рама, 3...6 — панели СБ, 7 — тросовые петли, 8 — шкивы

Scheme 1 - Solar panels having a configuration of a topological tree with a system of cable synchronization: 1-KA body, 2-frame, 3...6-side panels, 7-cable loops, 8-pulleys

Основные конструктивные элементы солнечных батарей: плоские панели для установки в них фотоэлектрических преобразователей, устройство для открывания панели и панели (блок открывания). Ориентационная система космического корабля отключается, когда панели открываются, чтобы избежать больших моментов в узлах развертывания. При размещении в функциональном положении потенциальная энергия, запасенная в торсионной пружине, позволяет солнечным панелям открываться на орбите, в то время как петли кабеля препятствуют движению, синхронизируя углы поворота панелей.

При помощи первой кабельной петли панель связывается с корпусом космического корабля, вторая соединяет раму и две панели, третья соединяет панель с одной и тремя, а четвертая соединяет две и четыре панели.

Эти кабельные петли приводят к синхронизации углов поворота каждой панели, создавая пассивы управления,

пропорциональные разности углов поворота. Рабочим углом раскрытия панелей предполагается 180° , в то время как для рамы — 90° .

На втором рисунке показана схема фотоэлектрических преобразователей, которые имеют характеристику топологического дерева со вспомогательными боковыми панелями. Данная система включает в себя 7 плоских панелей солнечных батарей и раму. Раскрытие солнечных батарей происходит в двух этапах. Для начала одно, три, шесть и восемь звеньев снимаются с помощью торсионных пружин, расположенных в узлах размещения, которые открыты для рабочего положения. Когда позиция готова к работе, соединения прекращаются и фиксируются, затем солнечные панели (два, четыре, пять и семь звеньев) открываются и получают энергию от энергии упругих элементов, размещенных в узлах размещения, которые затем фиксируются и переносятся на рабочее место.

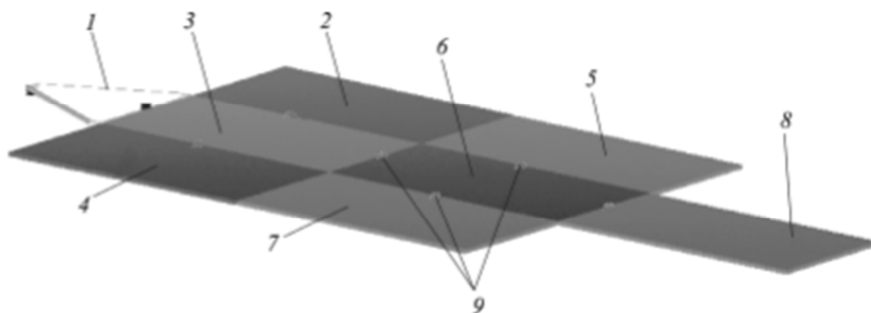


Рис.2 - Фотоэлектрические преобразователи, имеющие конфигурацию топологического дерева со вспомогательными боковыми панелями: 1...8 — звенья, 9 — узлы раскрытия

Fig.2 - Photovoltaic converters having a topological tree configuration with auxiliary side panels: 1...8-links, 9-nodes

Конструкция солнечной батареи Н-образной схемы представлена на рисунке 3. Основные части- это рама и три панели, которые нужны для установки ФЭП. Рама первой и второй панелей жестко соединены между собой, когда третья и четвертая панели соединены со второй панелью с помощью шарнирных узлов.

Операцию развертывания солнечной батареи можно разделить на три шага:

- Расчеховка рамы с дальнейшим развертыванием.
- Расчеховка панели три с достижением нужного значения угла развертывания рамы.

– Расчеховка панели четыре с достижением нужного значения угла развертывания панели номер 3 с

последующим развертыванием всей конструкции солнечных батарей и фиксацией всех включающих звеньев [2].

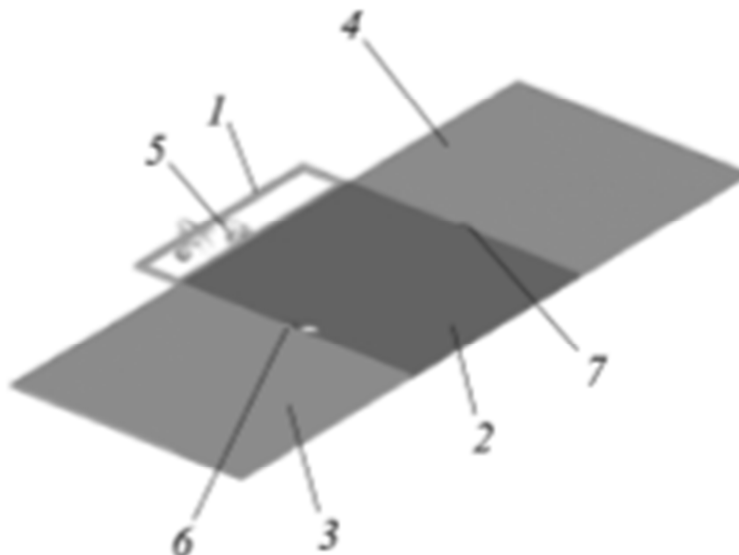


Рис.3 - Конструкция солнечных батарей H-образной схемы раскрытия: 1 — рама, 2...4 — панели СБ, 5...7 — узлы раскрытия

Fig.3 - Construction of solar cells of H-shaped opening scheme: 1-frame, 2...4-panels SAT, 5...7-disclosure nodes

Хотя процесс открытия солнечных батарей в каждом отдельном случае очень индивидуален, есть возможность определить общий метод создания моделей данных конструкций.

Помимо жестких соединительных деталей солнечных батарей к корпусу малогабаритного спутника, имеются гибкие крепления, не уступающие и даже превосходящие в некоторых аспектах конструкции, рассмотренные выше. Таким видом гибкого крепления является гибкий шарнир. Гибкий шарнир относится к такому виду гибкого крепления и имеет ряд преимуществ:

– в случае сложной конфигурации эта конструкция шарнира позволяет люфт исключить его в рабочем состоянии интерфейса шарнира;

– повышение надежности раскрытия получается из-за использования гибкого шарнира, который исключает пары трения в них;

– использование гибких навесных комплектов снижает традиционные требования к точному изготовлению крючковых элементов, материалов и изделий длительного пользования, что снижает производственные затраты;

– гибкие соединения имеют высокую степень жесткости, а также жесткие соединения. модульность которой позволяет удалять и тестировать параллельные петли из общей сборки;

– упрощает конструкцию шарнира в сочетании частей функций подвижных и раскрывающих элементов.

Гибкий шарнир в простейшем варианте исполнения представляет собой конструкцию, состоящую из проставок, упругих пластин (ленточных пружин), служащих исполнительным элементом, и прижимов с крепежом (рисунок 4).

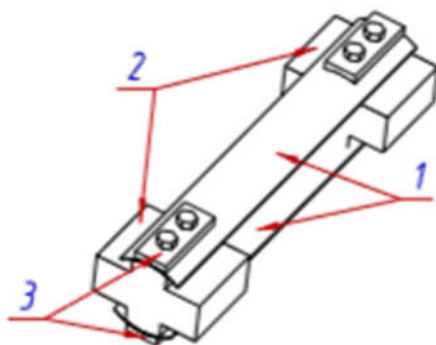


Рис.4 - 1 – ленточная пружина; 2 – проставки;
3 – прижим с крепежом
Fig.4 - 1-belt spring; 2-spacers; 3-clamp with fastener

В устройстве используется гибкий принцип разворачивания, в котором раскрытие возникает с помощью упругой силы, которая была запасена исполнительным элементом.

Выводы

Способ разворачивания фотоэлектрических преобразователей элементами гибкого типа, использующих собственные упругие силы, имеют перечень плюсов по отношению к другим способам (механические, вращающиеся, пневматические) в решении задач разворачивания. К таким относятся:

– высокий коэффициент раскрытия;

– соотношение размера конструкции в раскрытом и сложенном положении;

– низкий удельно-массовый показатель (определяется подбором упругого композиционного материала);

– несложная кинематическая схема, за счет высокой надежности механизма разворачивания в общем, благодаря неимению многозвенных элементов [3].

В данной работе нами был сделан анализ. Учитывая все преимущества и недостатки, было выбрано наиболее подходящее, отвечающее поставленным задачам, конструкторское решение для спутников формата CubeSat.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Немчианов С.И. Механическое устройство многоразового раскрытия/складывания батареи солнечной, 2014, с. 92-94
- [2] Зимин В.Н. К вопросу моделирования и расчета динамики раскрытия трансформируемых космических конструкций // Оборонная техника, 2006, № 1, 2, с. 123–127
- [3] Кузнецов В.В., Байбородов А.А. Гибкий шарнир. 2013, с. 79-81

REFERENCES

- [1] S.I. Nemchaninov, *Mehanicheskoe ustroystvo mnogorazovogo raskrytiya/skladyvaniya batarei solnechnoy* [in Russian: A mechanical device of the disclosure reusable/foldable solar]. , 2014, 92-94 p.
- [2] V. N. Zimin, *K voprosu modelirovaniya I rascheta dinamiki raskrytiya transformiruemyyh kosmicheskikh konstruktsiy* [in Russian: On the issue of modeling and calculating the dynamics of the disclosure of transformable space structures].// *Oboronnaya tehnika*, 2006, № 1, 2, 123–127 p.
- [3] V.V. Kuznetsov, A. A. Bayborodov, *Gibkiy sharnir* [in Russian: Flexible Hinge].2013, 79-81 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСКРЫТИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Калманова Динара Мирзабековна – к.п.н., старший преподаватель кафедры Космической техники и технологии физико-технического факультета, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г.Нур-Султан, Казахстан, dinara_kalmanova@mail.ru

Абдирашев Омирзак Коптилеуович - преподаватель кафедры Космической техники и технологии физико-технического факультета, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан, omeke_92@mail.ru

Орнов Асанали Касенович – магистрант кафедры Космической техники и технологии физико-технического факультета, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан. asanali1997@mail.ru

ҒАРЫШТЫҚ АППАРАТТАРДЫҢ ФОТОЭЛЕКТРЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРІН АШУДЫ МОДЕЛДЕУ

Калманова Динара Мирзабековна - педагогика ғылымдарының кандидаты, физика-техникалық факультетінің Ғарыштық техника және технологиялар кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Султан, Қазақстан, dinara_kalmanova@mail.ru.

Абдирашев Омирзак Коптилеуович - физика-техникалық факультетінің Ғарыштық техника және технологиялар кафедрасының оқытушысы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Султан, Қазақстан, omeke_92@mail.ru

Орнов Асанали Касенович - Физика-техникалық факультетінің Ғарыштық техника және технологиялар кафедрасының магистранты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Султан, asanali1997@mail.ru.

Аңдатпа. Бүгінгі күні жаһандық ғарыштың талабына сай күн батареялары үлгісіндегі энергия генераторы болуы мүмкін ғарыштық аппараттардың дамуына деген қажеттілік тудыруда. Осы бағытта қарқындалып жүруі шағын ғарыш аппараттарын дайындау және жобалаудың ең тиімді уақыттарымен түсіндіріліп, аппараттардың салыстырмалы жағдайдағы қымбат емес бағасымен, сонымен қатар күн батареялары өздерін шағын ғарыш аппараты энергиямен қамтамасыз етудің ең сенімділікке жоағры және жеткілікті талапқа сай дайындалған амалдары ретінде бекітілді. Мақалада ғарыштық аппараттардың жұмыс істеуінің негізгі динамикалық операцияларының бірі-ғарыш кеңістігіндегі күн батареяларын ашу. Сондай-ақ, трансформацияланатын конструкцияны ашудың кинематикалық схемалары алынып, берілген жағдайда қарастыра олардың бөшектерін жоғары бағалауды және талапқа сай орындалуы және қамтамасыздануы, нық және тұспа тұс бойынша күтілетін талаптардың орындалуына кепілдік ретінде беруі әбден мүмкін.

Түйін сөздер: моделдеу, күн батареялары, фотоэлектрлік түрлендіргіштер, ғарыштық аппараттар, икемді топсалар.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.269-278

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF POWER LOSSES IN THE 500kV LINE "ZHITIKARA-ULKE"

Kazima Kalyieva, Cand.Sci.(Eng), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, kazima_6507@mail.ru

Lazzat Uteshkalieva, Cand.Sci.(Eng), senior teacher, Almaty University of power and communication, Almaty, Kazakhstan, uteshkalieva_lya@mail.ru

Manat YEzhebekov, senior teacher, Department Narkhoz University of "general education disciplines" of scientific and educational, manat.ezhebekov@narxoz.kz

Abstract. The article presents correlation-regression analysis using real statistical data based on statistical modeling. The influence of what factors lead to a change in the component losses is shown. A correlation matrix has been constructed to determine the density of the interrelation between the factors, the influence of independent factors on the dynamics of losses and the influence of the independent factors that make up the model.

In article, renders to electric energy on the basis of the analysis of expenses significant effect on seasonality that is what to render cold months of expense in the car. Dependence of expenses model from the volume of receipt of all added in parameters, electric energy in the car.

In terms of correlation Regression statistical model for forecasting, received as a result of important and it is good.

Updated actions and application of measures of cost reduction it is essential to increase expenses transfer of electric energy that conditions for network of an auaraya the electric power along network, intensively, having considered in effective, and rational from the questions arising with it is necessary to solve on political.

Costs during it is very closely connected with transportation volumes considered electricity transmissions the electric power of volume of network in financial police.

The place under the influence of several factors then during more than a half of expenses its costs of the size load expenses of expense were given air networks air networks.

Keywords: losses, statistical data, correlation, regression, statistical model, logarithmic trend.

ӘОЖ 62-82 (075.8)

К.Ж. Калиева¹, Л.Ш. Утешкалиева², М.А. Еজেбеков³

¹Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

²Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

³НАРХОЗ Университеті, Алматы қ., Қазақстан

500 КВ-ТЫҚ «ЖІТІҚАРА-ҮЛКЕ» ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНДЕГІ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНДАРЫН КОРРЕЛЯЦИЯ-РЕГРЕССИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Андатпа. Мақалада статистикалық модельдеу әдісіне негізделген нақты статистикалық деректер арқылы корреляция – регрессиялық талдау келтірілген. Шығын құрауыштары қандай факторлар әсерінен өзгеріске ұшырайтыны нақты көрсетілген. Факторлар арасындағы байланыс тығыздығын, шығынның өзгеру динамикасына қандай тәуелсіз факторлардың әсері бар екендігін және модельге енетін тәуелсіз факторлардың әсер ету үлесін анықтау үшін факторлардың корреляциялық матрицасы тұрғызылды.

Мақалада талдау негізінде, электр энергия шығындарына маусымдылық елеулі әсер ететіні, яғни суық айларда шығындардың өсетіні көрсетілген. Есептелген барлық параметрлер бойынша электр энергияның түсу көлемінен шығындардың тәуелділік моделі құрылды.

Нәтижесінде алынған корреляциялы-регрессиялық модель статистикалық тұрғыдан маңызды және болжау үшін қолайлы екені анықталынды.

Бірнеше факторлардың әсерінен орын алатын шығындардың ішінде шығын мөлшерінің жартысынан көбін әуе желісіндегі жүктемелік шығындары, одан кейін әуе желісіндегі тәждік шығындары құрайтыны негізделінді.

Электр энергияны тасымалдауда шығында қарқынды түрде артуда, яғни желі бойындағы электрэнергия шығынын төмендетудің жаңартылған іс – шараларын қарқынды түрде қолдану керек, және де ауа райы жағдайларын желі үшін тиімді, әрі оңтайлы жағынан қарастырып, бар туындайтын мәселелерді шешу керек екені дәлелденді

Қарастырылып отырған аралықтағы шығын көлемінің электрэнергия тасымалдау көлемімен өте тығыз байланыста екендігін айтуға болады.

Түйін сөздер: шығындар, статистикалық мәліметтер, корреляция, регрессия, статистикалық модель, логарифмикалық тренд.

Кіріспе. Елімздің Ақтөбе обылысын электр энергиясымен қамтамасыз ету үшін 500 кВ ЭЖ «Солтүстік Қазақстан – Ақтөбе облысы» өңіраралық электр беріліс желісінің құрылысы 2006 жылы қыркүйекте басталып, 2008 жылы

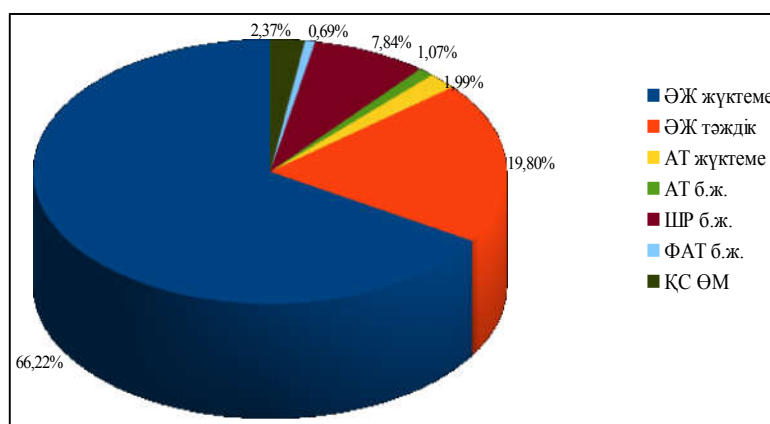
желтоқсанда аяқталды. Коммерциялық жағынан пайдаланыла бастаған мерзім – 2009 жылдың ақпаны.

500 кВ – ЭЖ «Жетіқара – Үлке» ЭБЖ – сінде бірнеше факторлардың әсерінен орын алатын шығындарды

есептеп, алынған нәтижелерге талдау жасалынды. 500 кВ ЭБЖ – сінде болатын шығындардың құраушылары бойынша жіктеп талдасақ, желіде жалпы шығын мөлшерінің жартысынан көбін әуе желісіндегі жүктемелік шығындар (66,22%), одан кейін әуе желісіндегі тәждік шығындар (19,80%) қамтиды 1- сурет.

1-суреттен көріп отырғанымыздай, әуе желісіндегі шығынның мөлшері өте көп, яғни бұл сымдардан үлкен көлемді ток өткен кезде сымдардың қызу есебінен

шығын көлемі үлкейетінін білдіреді. Және де, әуе желісінде шығын мөлшерінің үлкен болу себебіне электр беріліс желісі орналасқан ауданның, біздің жағдайда – Жетіқара және Үлке аудандары, ауа – райы жағдайларының әсерін жатқызамыз. Себебі, ЭБЖ – де тәждік шығындардың пайда болуына ауа – райы жағдайлары барша әсер етеді. Демек, желідегі шығын мөлшерін азайту үшін ауа – райының өзгеру жағдайларын ескеру керек.



1 - сурет 5740 – Ж желі элементтерінің 2014 – 2016 жылдар аралығындағы шығын құрауыштарының мөлшері (%)

Figure 1 - 2014-2016 - network elements 5740 Costs of components on the size (%)

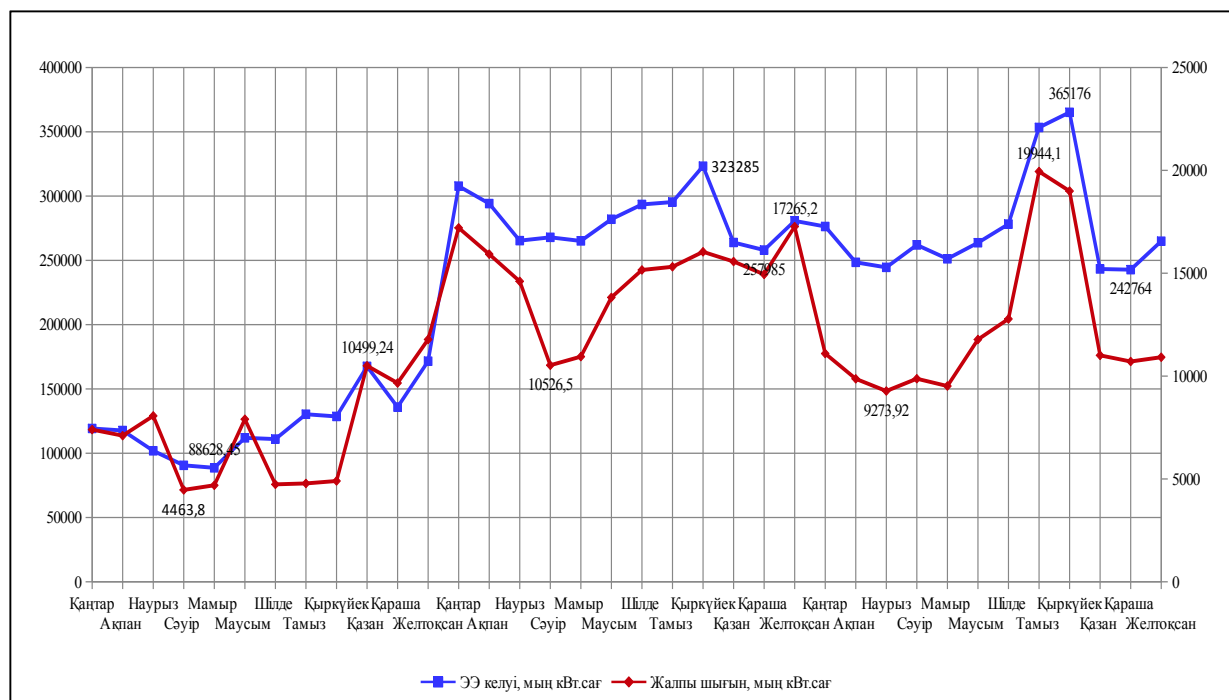
Әдістеме. Талдау жүргізудің салыстырмалы амал әдістерін қолдану арқылы электрэнергия шығындарын анықтауда желіге әсер ететін экономикалық және физикалық факторлардың динамикасын ескереміз.

Статикалық модельдеу әдісі электрэнергия шығын көлемін бағалау кезінде, нақты статистикалық деректерге сүйене отырып талдау негізінде болашаққа болжаулы мәндер анықталатындықтан, біз талдау кезінде статистикалық модельдеу әдісіне негізделген корреляция – регрессиялық әдісіне жүгінеміз. *Корреляциялық талдау* – факторлар арасындағы сандық арақатынастың байланыс тығыздығын анықтау және шынайы жағдайларда өзгеруі көптеген кездейсоқ мәселелерге байланысты әртүрлі жағдайлар, процесс немесе объектінің сипаттамалары арасындағы аналитикалық

тәуелділікті айқындау үшін қолданылады. Бұл жағдайда таңдалынған бақылаулардың, арнайы қойылған тәжірибелердің, есеп беру және басқа статистикалық мәліметтердің нәтижелері қолданылады.

500 кВ «Жетіқара – Үлке» ЭБЖ – электр беру желісі бойымен 2014 – 2016 жылдар аралығында электр энергия мөлшерінің келуі мен сол электр энергиясының шығыны арасындағы өзара арақатынасы, яғни өзгеру динамикасы 2 суретте келтірілген.

2 суретте көрсетілгендей, участіктегі шығын мөлшері 2014 жылы 10499,24 мың кВт·сағ, 2015 жылы 17265,2 мың кВт·сағ, ал 2016 жылы 19944,1 мың кВт·сағ – ты құрады. Графикке қарап, 5740 – Ж жалпы шығын мөлшері 2014 жылдан бастап баяу қарқынмен өсіп жатқанын байқаймыз.



2 -сурет 5740 – ЭБЖ бойымен 2014 – 2016 жылдар аралығында ЭЭ келуі мен ЭЭ шығын өзгеруінің динамикасы (әр ай бойынша)

Figure 2 - During 2014-2016 on arrival and ee 5740 - costs MEBP ee dynamics of changes (everyone, on months)

Диаграммада, байқағанымыздай, ай сайын электр энергиясының келу көлемі арта түскен сайын, электр энергия шығынының көлемі де арта түседі. Мәселенің кономикалық тиімділігі, келу мөлшерінің көп, шығын мөлшерінің аз болуы.

Электр энергиясының шығыны қандай факторлар әсерінен өзгеріске ұшырайтынын талдап көрейік. Ол үшін келесі мәліметтерді аламыз:

X1 – Электр энергиясының келуі, мың кВт · сағ.

Участіктен өтетін әуе электр беріліс желісіне қатысты:

X2 – әуе желісінің жұмыс істеу уақыты, сағат;

X3 – әуе желісінің жүктеме шығын көлемі, мың кВт · сағ;

X4 – әуе желісінің тәждік шығын көлемі, мың кВт · сағ.

Қосалқы станцияда орналасқан қондырғылардың әсері:

X5 – автотрансформатордың жұмыс істеу уақыты, сағат;

X6 – автотрансформатордың жүктеме шығын көлемі, мың кВт · сағ;

X7 – автотрансформатордың бос жүріс шығын көлемі, мың кВт · сағ;

X8 – шунттаушы реактордың жұмыс істеу уақыты, сағат;

X9 – шунттаушы реактордың бос жүріс шығын көлемі, мың кВт · сағ;

X10 – фазаайналдырғыш трансформаторлардың бос жүріс шығын көлемі, мың кВт · сағ;

X11 – қосалқы станцияның өзіндік мұқтаждылығына кеткен шығын көлемі, мың кВт · сағ.

Зерттеу. Алынған барлық факторлар участіктегі шығын мөлшерін жан-жақты толық мағыналы талдамасын жасауымызға қажет. Жоғарыда аталған барлық факторлар нақты [1] және есептеу нәтижесінен алынған деректер. Шығын көлемін *тәуелді* айнымалы ретінде қарастырып, ал оған әсер етуші X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11 факторларын *тәуелсіз* айнымалы ретінде қабылдаймыз. Факторлар арасындағы

байланыс тығыздығын, шығынның өзгеру динамикасына қандай тәуелсіз факторлардың әсері бар екендігін және модельге енетін тәуелсіз факторлардың әсер ету үлесін анықтау үшін корреляциялық талдау жүргіземіз. Ол үшін факторлар арасында корреляциялық матрицаны тұрғызамыз (1 – кесте).

Корреляциялық матрицасынан көріп тұрғанымыздай, Y – ке барлық тәуелсіз факторлар әр түрлі деңгейде оң әсер етеді. Атап айтсақ, X_1, X_3 факторлері тығыз оң, X_6, X_9 факторларының әсері орташа оң байланыс болса, ал $X_2, X_4, X_5, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}$ факторларының әсері әлсіз оң байланыс екендігін көреміз.[2]

1-кесте Корреляциялық матрицасы
Table 1 - Correlation matrixes

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	R ²
Y	1,000												
X1	0,904	1,000											0,81
X2	0,178	0,147	1,000										0,03
X3	0,867	0,918	-0,051	1,000									0,75
X4	0,277	-0,032	0,425	-0,235	1,000								0,07
X5	0,178	0,147	1,000	-0,051	0,425	1,000							0,03
X6	0,588	0,730	-0,227	0,664	-0,201	-0,227	1,000						0,34
X7	0,351	0,349	0,966	0,130	0,401	0,966	-0,003	1,000					0,12
X8	0,178	0,147	1,000	-0,051	0,425	1,000	-0,227	0,966	1,000				0,03
X9	0,504	0,498	0,804	0,303	0,359	0,804	0,122	0,862	0,804	1,000			0,25
X10	0,178	0,147	1,000	-0,051	0,425	1,000	-0,227	0,966	1,000	0,804	1,000		0,03
X11	0,255	0,022	0,571	-0,132	0,750	0,571	-0,227	0,514	0,571	0,570	0,571	1,000	0,06

Корреляциялық матрицада байқағанымыздай әр фактордың әсер ету тәуелділігіне тоқтала кетейік.

$r_{yx1} = 0,904$ Y пен X_1 арасындағы байланыстың тығыз оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын энергияның келуіне тәуелді. $R^2 = 0,816$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 81,6% - ға электрэнергиясының келу көлеміне тәуелді, ал қалған 18,4% ескерілмеген факторлар үлесінде.

$r_{yx2} = 0,178$ Y пен X_2 арасындағы байланыстың әлсіз оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын әуе

желісінің жұмыс істеу уақытына аз тәуелділігін көрсетеді, ал $R^2 = 0,0316$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 3,16% - ға әуе желісінің жұмыс істеу уақытына тәуелді, ал қалған 96,84% ескерілмеген факторлар үлесінде және Y пен X_5, X_8, X_{10} тәуелділігі осындай болады.

$r_{yx3} = 0,867$ Y пен X_3 арасындағы байланыстың тығыз оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын әуе желісінің жүктеме шығын көлеміне тәуелділігін көрсетеді, ал $R^2 = 0,7525$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 75,25% - ға әуе желісінің жүктеме шығын көлеміне

тәуелді, ал қалған 24,75% ескерілмеген факторлар үлесінде.

$r_{yx4} = 0,277$ Y пен X4 арасындағы байланыстың әлсіз оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын әуе желісінің тәждік шығын көлеміне аз тәуелділігін көрсетеді, ал $R^2 = 0,0765$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 7,65% - ға әуе желісінің тәждік шығын көлеміне тәуелді, ал қалған 92,35% ескерілмеген факторлар үлесінде.

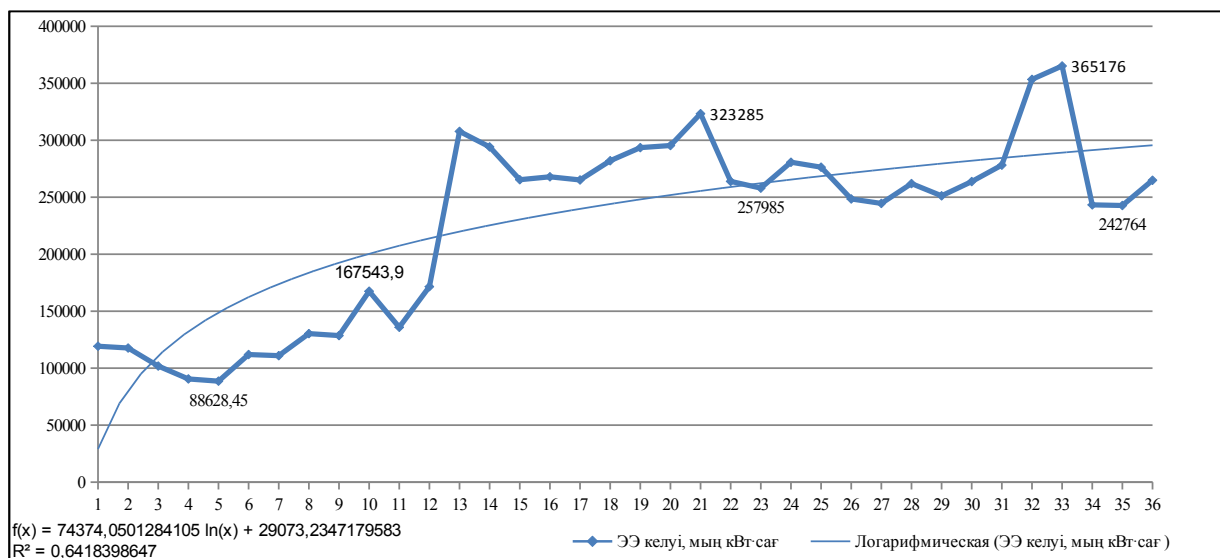
$r_{yx6} = 0,588$ Y пен X6 арасындағы байланыстың орташа оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын автотрансформатордың бос жүріс шығын көлеміне тәуелділігін көрсетеді, ал $R^2 = 0,3463$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 34,63% - ға автотрансформатордың жүктеме шығын көлеміне тәуелді, ал қалған 65,37% ескерілмеген факторлар үлесінде.

$r_{yx7} = 0,351$ Y пен X7 арасындағы байланыстың әлсіз оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын автотрансформатордың жүктеме шығын көлеміне тәуелділігін көрсетеді, ал

$R^2 = 0,1232$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 12,32% - ға автотрансформатордың жүктеме шығын көлеміне тәуелді, ал қалған 87,68% ескерілмеген факторлар үлесінде.

$r_{yx9} = 0,504$ Y пен X9 арасындағы байланыстың орташа оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын шунттаушы реактордың бос жүріс шығын көлеміне тәуелділігін көрсетеді, ал $R^2 = 0,2537$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 25,37% - ға автотрансформатордың жүктеме шығын көлеміне тәуелді, ал қалған 74,63% ескерілмеген факторлар үлесінде.

$r_{yx11} = 0,255$ Y пен X11 арасындағы байланыстың орташа оң байланысын көрсетеді, яғни участіктегі шығын қосалқы станцияның өзіндік мұқтаждылығына кеткен шығын көлеміне тәуелділігін көрсетеді, ал $R^2 = 0,0651$ дегеніміз – шығынның өзгеруі 6,51% - ға қосалқы станцияның өзіндік мұқтаждылығына кеткен шығын көлеміне тәуелді, ал қалған 93,49% ескерілмеген факторлар үлесінде.



3-сурет 2014 – 2016 жылдар аралығындағы 500 кВ Л-5740 электр торабы арқылы электрэнергия келуінің динамикасы

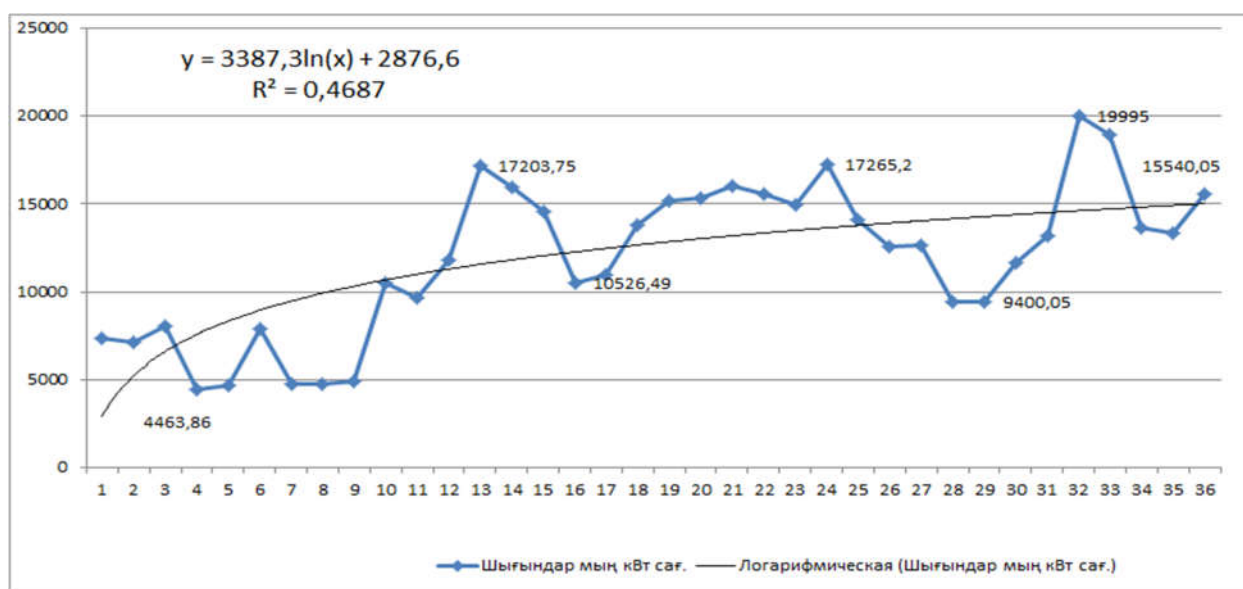
Figure 3– Dynamics to be for 500 kV since 2014-2016 on electric via the website of l the 5740th electric power

Корреляциялық талдау толығымен жүргізілгеннен кейін, көптік регрессиялық талдау әдісіне көшеміз. Көптік регрессиялық талдауды электр энергиясының келуі бойынша қарастырамыз. Excel бағдарламасының талдау пакетін қолдана отыра, логарифм тренд теңдеуін тұрғызу арқылы электрэнергиясы келуінің өзгерісін бақылаймыз, себебі электрэнергия келу көлемінің өзгерісі жалпы шығын көлемінің өзгерісіне зиян әсер етуі мүмкін.

$y = 74374,05 \cdot \ln(x) + 29073,234;$
 $R^2 = 0,6418$ сапасының жоғары екендігін байқаймыз, сондықтан осы теңдеумен

болжам жасауымызға болады. Бұл байланыстың графигі 3 суретте көрсетілген.

3-суреттен 3 жыл бойындағы электрэнергия келуінің мөлшері логарифм тренді өсуінің айналасында орналасқанын көруге болады. Яғни, келу мөлшері біресе артады, біресе кемиді. Сонда, егер жыл сайын энергия көлемі арта түссе, болатын шығындар да арта түсуі мүмкін. Ол арақатынасты 4-суреттен, 2014 – 2016 жылдар аралығындағы электрэнергия шығынының логарифм трендімен байланыс графигінен қараймыз.



4 -сурет 2014 – 2016 жылдар аралығындағы 500 кВ Л-5740 электр торабы арқылы электрэнергия шығындарының динамикасы

Figure 4 - Dynamics of expenses through 500 kV since 2014-2016 on an electrical network of l the 5740th electric power

$y = 3387,3 \cdot \ln(x) + 2876,6$ $R^2 = 0,4687$ сапасының жоғары екендігін көреміз, сондықтан осы теңдеумен болжам жасауымызға болады. 4- суреттен көріп тұрғанымыздай, шығын көлемі электр беріліс желісіне келген көлемнен тәуелді өзгереді, аз көлем келсе, желіде шығын аз, үлкен көлемде келсе, сәйкесінше желідегі шығын көлемі де артады.

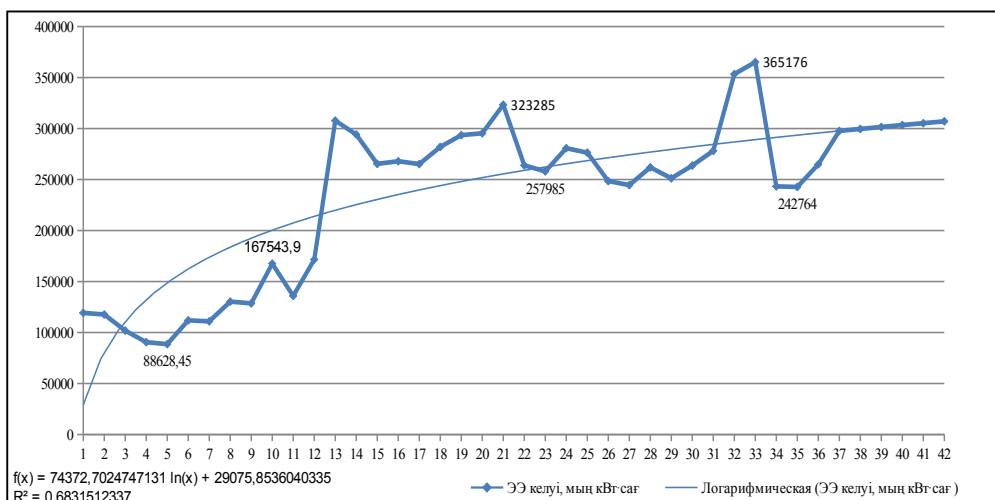
Ендігі осы логарифм тренді бойынша 2017 жылдың алғашқы 6 айында

электрэнергия келуі мен шығыны арасындағы байланысына тоқталайық.

5- суретте 2017 жылдың алғашқы 6 айында электрэнергия келуінің логарифм трендімен байланысы және сәйкесінше электрэнергия шығынының логарифм трендімен байланысы 5- суретте көрсетілген. 5- суреттен аңғарғанымыздай, 2017 жылдың алғашқы 6 айындағы электрэнергиясының келуі қарқынды түрде өсіп келе жатыр, яғни логарифм трендімен жанаса өсіп жатыр. Әрине, жылдың

алғашқы 6 айы қыс пен көктем айлары болған соң, қар, қырау, жаңбыр, мұздық, тұман деген ауа – райының факторлары

электр беріліс желісіне өте зор ықпал етеді, сондықтан жылдың алғашқы айларында өте мұқият болу керек.

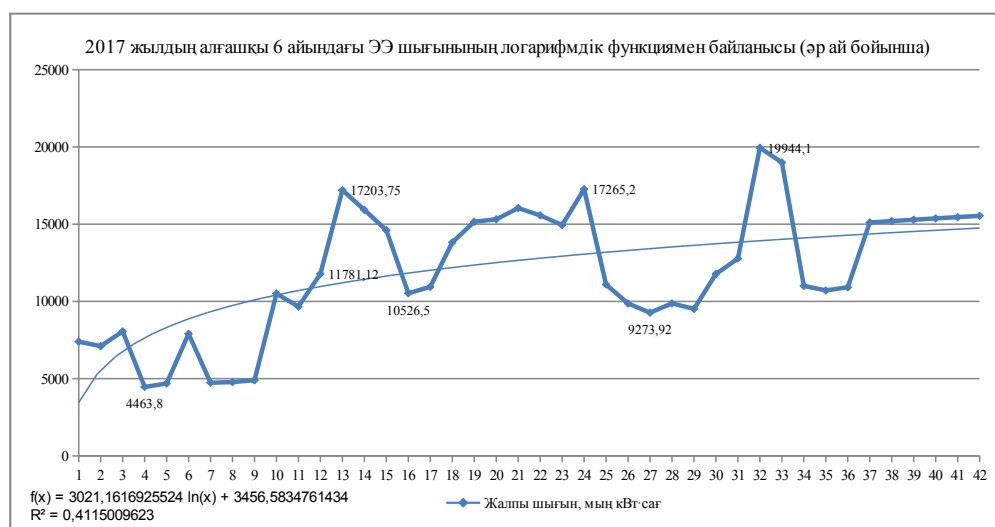


5-сурет 2014 – 2016 мәліметтер негізінде алынған 2017 жылдың алғашқы 6 айында электрэнергия келуінің болжам көрсеткіштері.

Figure 5 - This 2014-2016, received on a basis in 6 months 2017 the electric power the forecast of arrival indicators is entered.

Электр энергия артқан сайын, желіде орын алатын электр энергия шығыны да қоса көтерілуде, оны 6-суретте, электр энергия шығынының логарифм трендімен байланысы кескінінен көруге болады. Бұл 6 айдың көрсеткіштері болжам ретінде өткен 3 жылдың орташа есебі ретінен алынған болатын. Өзіміз

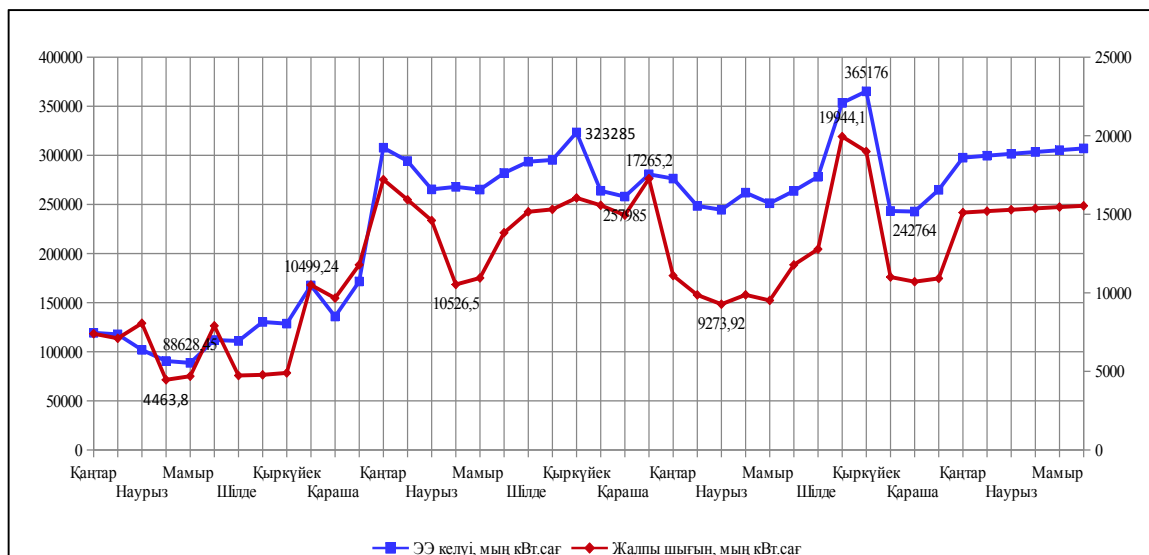
көріп отырғандай, электр энергияның келуі де шығыны да қарқынды түрде артуда, яғни желі бойындағы электрэнергия шығынын төмендетудің жаңартылған іс – шараларын қарқынды түрде қолдану керек, және де ауа – райы жағдайларын желі үшін тиімді, әрі оңтайлы жағынан қарастырып, бар туындайтын мәселелерді шешу керек.



6-сурет 2014 – 2016 мәліметтер негізінде алынған 2017 жылдың алғашқы 6 айында электрэнергия шығынының болжам көрсеткіштері
Figure 6 - This 2014-2016, received on the basis of 2017
The forecast of expenses in 6 months indicators the electric power is entered

7-суретте 2014 – 2016 жылдармен 2017 жылдың алғашқы 6 айында электрэнергиясының келуі мен электрэнергиясының шығынының болжаулы өзгеріс динамикасы көрсетілген. Бұл кескіннен, энергия шығыны мен

энергия келуінің бірқалыпты артуын көруге болады. Қорыта келе, участіктегі шығын көлемінің электрэнергия келуінің көлемімен өте тығыз байланыста екендігін айтуға болады



7 -сурет 5740 – Ж ЭБЖ бойымен 2014 – 2016 жылдармен қоса болжаулы 2017 жылдың алғашқы 6 айында ЭЭ келуі мен Э

Figure 7- On arrival and ee ee presumable 2017 МEBP 5740 - in 6 months 2014-2016, including costs of the loudspeaker of changes is entered

Қорытынды. 500 кВ – ЭЖ «Жетіқара – Үлке» ЭБЖ – де бірнеше факторлардың әсерінен орын алатын шығындардың ішінде шығын мөлшерінің жартысынан көбін әуе желісіндегі жүктемелік шығындар (66,22%), одан кейін әуе желісіндегі тәждік шығындар (19,80%) құрайды.

Сонымен қатар, талдау көрсеткендей, электр энергия

шығындарына маусымдылық елеулі әсер етеді, яғни суық айларда шығындар өседі. Есептелген барлық параметрлер бойынша электр энергияның түсу көлемінен шығындардың тәуелділік моделі анықталды.

Нәтижесінде алынған корреляциялы-регрессиялық модель статистикалық тұрғыдан маңызды және болжау үшін қолайлы.

ӘДЕБИЕТ

- [1] <https://economy.gov.kz> › kategorii › komitet-po-statistike.
- [2] Рахметова Р.У. Эконометрика. – Алматы: Экономика 2015.– 217б..
- [3] Железко Ю.С. Расчет и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов. - М.: Изд –во НИЦ ЭНАС.

REFERENCES

- [1] <https://economy.gov.kz> › kategorii › komitet-po-statistike.
- [2] Rakhmetova R.U Ekonometrika. [in Russian: Econometrics]. - Almaty: Economy 2015.– 217p
- [3] Zhelezko Y. Raschet i analiz poter elektriceskix energiy b elektriceskix setyx [in Russian: Calculation and analysis of electric power losses in electrical networks. Guide for practical calculations]. Moscow: Izd - vo NC ENAS

500 КВ-ТЫҚ «ЖІТІҚАРА-ҮЛКЕ» ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНДЕГІ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНДАРЫН КОРРЕЛЯЦИЯ-РЕГРЕССИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Калиева Казима, т.ғ.к., қауымдастырған профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы Алматы қ., Қазақстан, kazima_6507@mail.ru

Утешкалиева Лаззат, т.ғ.к., аға оқытушы, Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, uteshkalieva_lya@mail.ru

Ежебеков Манат, аға оқытушы НАРХОЗ Университеті manat.ezhebekov@narxoz.kz

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛИНИИ 500кВ «ЖИТИКАРА-УЛЬКЕ»

Калиева Казима Жанбырбаевна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kazima_6507@mail.ru

Утешкалиева Лаззат Шынбулатовна, к.т.н., старший преподаватель Алматинский университет энергетике и связи, г. Алматы, Казахстан, uteshkalieva_lya@mail.ru

Ежебеков Манат, старший преподаватель, Университет НАРХОЗ, г. Алматы, Казахстан, manat.ezhebekov@narxoz.kz

Аннотация. В статье представлен корреляционно-регрессионный анализ с использованием реальных статистических данных на основе статистического моделирования. Показано, влияние каких факторов приводят к изменению составляющих потерь. Построена корреляционная матрица для определения плотности взаимосвязи между факторами, влияния независимых факторов на динамику потерь и влияния независимых факторов, входящих в модель.

По результатам анализа выбрана корреляционно-регрессионная модель статистических данных и определена как очень удобная модель для прогнозирования статистических данных.

В статье установлено, что на рассматриваемом участке общие потери электроэнергии зависят от влияния некоторых факторов и половина потерь составляют потери на линиях и потери на корону линии электропередачи.

Ключевые слова: потери, статистические данные, корреляция, регрессия, статистическая модель, логарифмический тренд.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.278-283

GLIAL NEURAL NETWORKS AS A NEW APPROACH FOR SMART SYSTEMS

Dina Panyukova, Master (Eng.), doctoral student, The Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; haleth@mail.ru

Olga SHiryayeva, Cand.Sci.(Eng.), Professor, The Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; oshiryayeva@gmail.com

Gulnara Nurpeissova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, The Caspian University, Almaty, Kazakhstan; kerey97@mail.ru

УДК 004.032.26, 004.89, 519.711

GLIAL NEURAL NETWORKS AS A NEW APPROACH FOR SMART SYSTEMS

Abstract. Nowadays information technologies, especially smart systems, are leading human progress. One of the main methods for information processing in smart systems is usage of artificial neural networks. They are implemented for tasks of forecasting, approximation, classification, etc. Artificial neural networks were based on understanding of human brain's work made by neurobiological researchers in last century. They stated that process of information is provided by electrical signals through biological neurons. Consequently, artificial neural networks modeled that process to achieve the same flexibility in data computing. Partly such flexibility was accomplished. Artificial neural networks became excellent instrument for computing with incomplete input information. The remaining problem is in absents of

universality of a such smart system for several similar tasks. Main reason is in strict structure of artificial neural networks that should be chosen at the beginning of its design. While in last neurobiological surveys was discovered that not only neurons are involved in information processing of complex nervous systems. Second big role in information processing is provided by biological glial cells. Such cells are responsible for stimulation of neighboring glia and nutrition of neurons. They play an important role in reorganization of complex nervous systems by external factors' impact. Glial cells interaction within themselves and corresponding neurons wasn't described in artificial neural networks yet. In the article the biological glial cells' functionality is discussed. Possibility and necessity of implementation of some glial cells' functions in artificial neural network is stated. On that basis, both verbal statements and algorithm for the software of possible glial neural network as a new approach for smart systems are formulated. Possible advantages and disadvantages of a glial neural network is discussed. For the conclusion, challenges of practical implementation are described.

Keywords: Intellectual methods, smart systems, artificial neural network, dynamic structure, neuron's connection, glial cells

Introduction. Scientific and technical progress of modern world is straightly connected to wide implementation of information technologies. Some specialists even name it as “the forth industrial revolution”. While one of the basic instrument for information processing of any kind is artificial neural network (ANN). ANNs has shown wide range of use with unclassified or incomplete information. They can be used for big amount of data to clusterization, classify, forecast, etc. Certainly ANNs have their weak points. They should be trained by big amount of convenient input and output data. In fact nowadays with amount of data recorded and stored for almost any technical and technological process it's becoming not a disadvantage, but feature of the method. Their output always had an uncertainty level. While for many tasks the error level is low enough even in comparison with conventional methods. Nevertheless, ANN still does not have all the possibilities the biological nervous systems have. The most important for now is absents of universality [1]. For example, if a specialist will train an ANN for forecasting of any specific data trend, it can show very high accuracy of results. However, if the same ANN is used for the similar data trend from cognate process without full retraining, the result will be most probably unacceptable.

Most universal mechanism for data processing is human brain. To receive similar

method for technical systems researchers of last century modeled neurobiological processes in human brain as they were formulated at the time. The resulting ANN showed incredible results comparing to classical programming. Last neural researches [2, 3] showed that not only biological neurons but also glial cells are working in information processing. Previously it was not detected because of lack of chemical processes' indication inside the biological nervous systems. The neurologists determined that not only neurons are activated while information signals are passing, but glial cells too. The difference is only in mechanism of that activation. For neurons, it is electrical signal, while for glia it is chemical signal. Whereas in ANN structure it is not reflected yet.

The article is devoted to formulation of artificial glial and neural network model that possibly can provide in the information processing the same universality as a human brain.

Second part is focused on comparison of biological nervous system and ANN's functioning. Then analysis of glial effect on data processing in biological system is provided. Lastly glial function applicable to the ANN is discussed.

In third part, artificial glial and neural network model's functionality is described. Also the exact formulation of its operation for future realization is provided.

Forth part is devoted to discuss possible advantages, disadvantages and bottlenecks for realization of the model.

At the end, results of the analysis, discussions and modeling are summarized.

1. Main paradigms for a smart system. *Biological and artificial neurons' structure and functions.* Neurologists discovered that information within biological nervous systems is provided by small electrical currency. Their next step was in research of how that information in biological systems are stored and processed. The main element in charge of these processes is a neuron. It is electrically activated by neighboring neurons. Such activation can be both negative and positive and with different value. When activation is exceeded the limit of the neuron it transmits electrical signal to the next neurons. Hence, as neurologists found out, nervous system can be trained and/or store an information by changing the activation values between neurons.

Artificial neural networks was based on a model of biological neurons and their functioning. An artificial neuron has several inputs with weight for each, activation function to process sum of weighted inputs and one output that goes to connected neighboring neurons as an input. Functionality of the ANN is provided by complex structure of big number of neurons. [4]

Adaptive possibilities of such model are through education possibility or, rather, by fitting the weights of each neuron. Nevertheless, biological neural network still is more universal due to size and dynamics in a structure than ANN.

Biological glial cells' functions. For many decades in neurobiology, neurons' activation was the only known mechanism of straight information processing. This is due to impossibility to measure not only electrical but also chemical activation of a brain parts. Then, with upgrade of researching instrument, scientists discovered that with information processing not only neurons by electrical signals, but also glial cells by chemical reaction are activated and activating

neighboring elements. That process is in addition to previously discovered tasks of glial cells that are feeding neurons, protection of existing connections, reduction of unused connections, and stimulation of new connection's formation [2, 3]. Consequently, this discovery leads to understanding that glial cells are making straight impact on biological neural network's functioning. Especially on its structure dynamics, that is critical difference with ANN.

Information transfer in biological glial cells. If to go into particulars how the signal is passing neurons, it can be found that signal is passing not only electrically, but chemically too. When a neuron is fully activated, its axon is releasing chemical elements called neurotransmitters. Then neurotransmitters are captured by dendrite of a next neuron. This chemical signal transmitting is happening within synaptic cleft of two neurons.

Such glial cells as astrocytes are straightly connected to synapses and can partly receive neurotransmitters when signal is passing between neurons. By receiving them astrocyte is activated and are releasing other chemical elements around itself. It leads to activation of neighboring glial cells. Not only astrocytes that are taking part in suppling synapse, but also oligodendrocytes and Schwann cells that are protecting and suppling axons of neurons. In contrast with biological neurons glial cells' activation process goes not step by step from one cell to over, but passes in circle to nearest cells and reaches the distant in regression. [5]

Glial cells' functionality application in ANN. If to summarize biological glial cells' functions, they are:

1. feeding neurons and their parts;
2. myelinating axons to ensure fast and secure signal passing;
3. removing unused synapses;
4. stimulating neurons to grow new connections (axon-dendrite pair);
5. activating neighboring glial cells if activated themselves. [2-5]

Fifth point shows that the information can be passed within glial cells. Points from

second to forth states that glial cells can effect on a structure biological neural networks.

In ANN neither of mentioned glial cells' function are implemented. While such artificial model does not need some of that functionality. Feeding neurons is function that only biological system needs as artificial neurons can work without additional energy. Myelination is unnecessary too, as there is no any external disturbance. Unused connection disposal will not affect the ANN functioning, so, is unimportant too. Nevertheless, implementation of last two functions of glial cells in ANN can become a key factor in designing more universal ANN with dynamic structure.

2. Formulation of Artificial glial and neural network model. To provide relevant structure dynamics into ANN several requirements should be performed:

- number of neurons is not growing;
- number of connections can grow;
- activation of glial cells leads to formation of new connections;
- glial cells are activated because of signal passing through the neuron;
- activated glial cell in a less degree activates neighboring glial cells.

For ANN the requirements should be reformulated into an algorithm:

1. If

$$Y_N \neq 0 \quad (1)$$

then

$$G_N(n+1) = G_N(n) + k_g \quad (2)$$

where Y_N is output of N neuron; G_N is glial activation number of N neuron; k_g is coefficient of activation growth.

2. For

$$|N_1 - M_1| + |N_2 - M_2| = 1, \quad (3)$$

$$G_M(n+1) = G_M(n) + k_n \cdot \Delta G_I$$

until

$$\Delta G_N > T_e \quad (4)$$

where N_1, M_1, N_2 and M_2 – first and second symbols in number of N and M neurons; G_M is glial activation number of M neuron; k_n -

transfer coefficient (<1); T_e is threshold value of expansion.

3. If

$$G_N > T_a \quad (5)$$

then

$$C_N(n+1) = C_N(n) + 1 \quad (6)$$

and

$$G_N = 0 \quad (7)$$

where T_a is threshold value of glial activation; C_N is number of N neuron's connections.

4. If

$$\Delta C_N \geq 1 \quad (8)$$

and

$$|N_1 - I_1| + |N_2 - I_2| = \min \quad (9)$$

then connection between N and I neuron is established and its starting weight is equal θ .

In the algorithm several coefficients can be fitted. It includes coefficient of activation growth, transfer coefficient, threshold value of expansion, threshold value of glial activation and starting weight of new connection.

3. The smart method's challenges.

The models implementation is facing big challenge in providing dynamics in structure not by changing number of used neurons but in making variability in formation of new connections. It can be done by prewriting of all possible connections and just activating them in order. However, it will take enormous amount of computing capability for middle size ANN. Beside that there is no need for including glial cells' functionality into fully connected ANN, because all possible connections already are provided and calculated. Therefore, authors are continuing their research for optimal solution of the task.

Conclusion. For ANN only part of the biological glial cells' functionality should be applied because of its artificial nature. The requirements for artificial glial and neural network are listed and formulated into the algorithm for a software implementation. Possibly, it can provide necessary level of versatility for ANN within the same size. For practical implementation more research for appropriate dynamics in ANN connection structure is required.

REFERENCES

- [1] Panyukova D. *Difference between modern artificial neural networks and new approach for information processing in human brain* The 16th International Scientific Conference “Information Technologies and Management”. Riga, 26-27 April 2018, pp. 34-35.
- [2] Pereira A. Jr., Furlan F.A. *Astrocytes and human cognition: Modeling information integration and modulation of neuronal activity*. Progress in Neurobiology, No. 92, 2010, pp. 405-420.
- [3] Araque A., Carmignoto G., Haydon P.G., Oliet S.H.R., Robitaille R., Volterra A. *Gliotransmitters Travel in Time and Space*. Neuron, No. 81, 2014, February 19, pp. 728-739.
- [4] McCulloch W., Pitts W. *A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity* Bulletin of Mathematical Biophysics, No. 5 (4), 1943, pp. 115-133.
- [5] Eroglu C., Barres B.A. *Regulation of synaptic connectivity by glia* Nature, No. 468(7321), 2010 Nov 11, pp. 223–231.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Панюкова Д. Разница между современными искусственными нейронными сетями и новым подходом к обработке информации в человеческом мозгу 16-ая Международная научная конференция «Информационные технологии и менеджмент». Рига, 26-27 апреля 2018г., с. 34-35.
- [2] Pereira A. Jr., Furlan F.A. Асторциты и человеческое сознание: Моделирование интеграции и модуляции информации в нейронной активности. Прогресс в Нейробиологии, Ном. 92, 2010, сс. 405-420.
- [3] Araque A., Carmignoto G., Haydon P.G., Oliet S.H.R., Robitaille R., Volterra A. Путешествие глиатрансмиттеров во времени и пространстве. Нейрон, Ном. 81, 2014, Февраль 19, сс. 728-739.
- [4] McCulloch W., Pitts W. Логическая оценка идей, присущих нервной деятельности. Вестник Математической Биофизики, Ном. 5 (4), 1943, сс. 115-133.
- [5] Eroglu C., Barres B.A. Регулирование синаптических связей глией, Природа, Ном. 468(7321), 2010. Ноябрь 11, с. 223–231.

ГЛИАЛЬНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ КАК НОВЫЙ ПОДХОД К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ СИСТЕМАМ

Панюкова Дина Васильевна, магистр техники и технологии, докторант PhD, КазНИТУ им.К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан, haleth@mail.ru

Ширяева Ольга Ивановна, к.т.н., профессор, КазНИТУ им.К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан, oshiryayeva@gmail.com

Нурпеисова Гулнара Байболовна, д.т.н., профессор, Каспийский университет, г. Алматы, Казахстан, kegey97@mail.ru

Аннотация. Одним из основных подходов к интеллектуальным системам является использование искусственных нейронных сетей. Но модели искусственной нейронной сети создавались на основе представления о том, что все процессы обработки и хранения информации в человеческом мозгу происходят благодаря взаимосвязанным нейронам. Тогда как согласно последним исследованиям в области нейробиологии обнаружено, что глиальные клетки также участвуют в обработке и передаче информации в сложных нервных системах. Взаимодействие глиальных клеток между собой и с подопечными им нейронами до сих пор никак не описаны для искусственных нейронных сетей. В статье перечислены, проанализированы и сформулированы в виде алгоритма функции глиальных клеток для этого вида интеллектуальных систем. Предположительно, включение описанных функций в искусственную нейронную сеть позволит увеличить ее гибкость и универсальность. Для практического внедрения подобной искусственной глиальной нейронной сети требуется сформулировать работу нейронной сети с динамическими связями.

Ключевые слова: интеллектуальные методы, интеллектуальные системы, искусственные нейронные сети, динамическая структура, нейронные связи, глиальные клетки

ГЛИАЛДЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ - ЗИЯТКЕРЛІК ЖЕЛІЛЕРГЕ ЖАҢА КӨЗҚАРАС

Панюкова Дина Васильевна, техника және технология магистрі, PhD докторант, Сэтбаев университеті, Алматы қ., Қазақстан; haleth@mail.ru

Ширяева Ольга Ивановна, т.ғ.к., профессор, Сәтбаев университеті, Алматы қ., Қазақстан; oshiryayeva@gmail.com

Нурпеисова Гулнара Байболовна, т.ғ.д., профессор, Каспий университеті, Алматы қ., Қазақстан; kerey97@mail.ru

Аңдатпа. Зияткерлік желілерде жасанды нейрондық желілерді қолдану негізгі тәсілдердің бірі. Бірақ жасанды нейрондық желілерді құруда келесі көзқарас негіз болған: адам миында мағлұматты өңдеу және сақтауға арналған барлық үрдістер өзара байланысқан нейрондардың арқасында іске асады. Нейробиология саласындағы соңғы зерттеулерге жүгінсек, күрделі жүйке жүйелерінде глиалдық жасушалар да мағлұматты өңдеу және жеткізуге қатысады. Глиалдық жасушалардың өзара және оларға тәуелді нейрондармен қатынасы жасанды нейрондық желілерде әлі күнге дейін зерттелмеген. Мақалада осындай зияткерлік желілерде глиалдық жасушалардың функциялары аталып, сарапталған және алгоритм түрінде тұжырымдалған. Сипатталған функцияларды жасанды нейрондық желілерге қосу оның икемділігі мен әмбебаптығын жоғарлатады деп болжанады. Осындай жасанды глиалды нейрондық желіні жүзеге асыру үшін нейрондық желілердің динамикалық байланыстармен жұмысын тұжырымдау керек.

Түйін сөздер: зияткерлік әдістер, зияткерлік жүйелер, жасанды нейрондық желілер, динамикалық құрылым, нейрондық байланыстар, глиалдық жасушалар

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyspayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.283-292

ALGORITHM READINGS OF THE COUNTER READING FOR FURTHER RADIO TRANSMISSION

Arman Mirmanov, associate professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan, mirmanov.a@mail.ru

Kamil Ostretsov, junior research fellow, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan, nom1997ad@gmail.com

Sanat Baiguanys, research fellow, S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, Kazakhstan, kvenecusghost@gmail.com

Abstract. The development of animal husbandry in the Republic of Kazakhstan in recent years is associated with market demand for dairy products. The number of small farms is increasing and there is a question of equipping them with inexpensive modern milking equipment. The main goal of automation of any dairy farms is to increase the productivity of milk production and dairy products. However, poor coverage or lack of communication networks negatively affects the introduction of advanced technologies. The solution can be the use of energy-efficient long-and short-range networks and devices developed on their basis for remote digital monitoring of certain parameters of animal husbandry in such conditions. This article focuses on systems related to milk yield. The paper presents the algorithms necessary for removing data from the milk meter without interfering with its design and operation, and further transmitting the received data over the LoRa radio channel. The diagram of connecting an external controller to the counter indicator for reading the volume of milk received in liters is shown. The developed algorithms reveal the scheme of the controller's operation when processing data from the counter indicator. The block diagrams of the controller and transceiver interaction algorithm for transmitting data about milk yield and cow identification number to the LoRaWAN network are shown in article. The algorithms disclosed in this paper are one of the stages of development of universal equipment for automatic accounting of milk productivity. Obtaining data from existing meters will allow for the modernization of the mobile milking machines and integrate them into the information system of dairy farming.

Keywords: algorithms, seven-segment indicator, Arduino, milk yield counter, IoT, LoRa.

УДК 004.423:637.115

А.Б. Мирманов¹, К.И. Острецов¹, С.Б. Байгуаныш¹

¹Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан, Казахстан

АЛГОРИТМ СНЯТИЯ ПОКАЗАНИЙ СЧЕТЧИКА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ПЕРЕДАЧИ ПО РАДИОКАНАЛУ

Аннотация. Развитие животноводства в Республике Казахстан в последние годы связано со спросом рынка на молочную продукцию. Количество небольших хозяйств увеличивается и возникает вопрос оснащенности недорогим современным доильным оборудованием. Основной целью автоматизации любых молочных ферм является повышение продуктивности производства молока и молочных продуктов. Но плохое покрытие либо отсутствие сетей связи негативно сказывается на внедрении передовых технологий. Решением может стать применение в таких условиях энергоэффективных сетей дальнего и ближнего радиуса действия и, разработанных их базе, устройств для удаленного цифрового мониторинга тех или иных параметров животноводства. Данная статья акцентирована на системы, связанные с удоем молока. В работе приведены алгоритмы, необходимые для снятия данных со счетчика молока без вмешательства с его конструкцию и работу, и дальнейшая передача полученных данных по радиоканалу LoRa. Показана схема подключения внешнего контроллера к индикатору счетчика для считывания значений объема полученного молока в литрах. Разработанные алгоритмы раскрывают схему работы контроллера при обработке данных с индикатора счетчика. Показаны структурные схемы алгоритма взаимодействия контроллера и трансивера для передачи данных об удое и идентификационном номере коровы в сеть LoRaWAN. Алгоритмы, раскрытые в данной работе, являются одним из этапов разработки универсального оборудования по автоматическому учету молочной продуктивности. Получение данных с существующих счетчиков позволит провести модернизацию мобильных доильных аппаратов и интегрировать их в информационные системы молочного животноводства.

Ключевые слова: алгоритмы, семисегментный индикатор, Arduino, счетчик удоа молока, IoT, LoRa.

С бурным ростом цифровых технологий происходит повсеместное внедрение элементов Интернета вещей (IoT)[1-3]. Аграрный сектор также совершенствуется, и автоматизация производственных процессов с каждым годом растет. Но это характерно в основном для крупных сельскохозяйственных формирований, для небольших хозяйств ситуация не так хороша. Фермы малого размера, находящиеся в сельских районах, испытывают большие затруднения с наличием полноценного покрытия сотовыми сетями, а также достаточной автономностью модулей. Предлагаемое решение имеет отношение к

промышленному IoT для обеспечения удаленного цифрового мониторинга тех или иных параметров, в данном случае, связанных с удоем молока.

Анализ молочного животноводства показывает определенные тенденции развития техники для автоматизации и роботизации технологических процессов. Первая – разработка системных решений, которые связывают все элементы комплекса машин на ферме в единое целое. Это позволяет управлять технологическими цепочками в автоматическом режиме с оптимальными параметрами и учетом информационных взаимосвязей частей системы. Вторая – совершенствование конструкции

отдельных технических средств, агрегатов и узлов для повышения их функциональных и технико-технологических возможностей. Уже сегодня существуют определенные достижения в обоих направлениях [4]. Однако для небольших хозяйств, дорогостоящие решения, как роботизированная «карусель», будут нелогичными. Здесь требуется недорогое мобильное устройство с автоматической системой сбора данных.

В патентах по устройству счетчика удоя молока [5-8], и других решениях зачастую не предусмотрена возможность свободной передачи данных со счетчика на какой-либо носитель, микроконтроллер или иную цифровую систему, что говорит о необходимости создания модуля либо способа, который позволит осуществить снятие данных и их дальнейшую обработку, предоставляя пользователю возможность в автоматическом режиме определять операции над данными, или к примеру, заносить их в цифровую базу данных.

В качестве экспериментального образца используется счетчика молока СМ-16(И) с герконовым реле [9], к которому будет подключен дополнительный контроллер и радиомодуль LoRa. Вопрос интеграции счетчика и меток RFID решен подключением считывателя меток к контроллеру.

Разработка считывания данных с индикатора счетчика

Использование метода захвата данных с готовых счетчиков при передаче по радиоканалу является мировой практикой. В условиях отсутствия подключения к «родному контроллеру» используется другой для интерпретации данных с выходных элементов счетчика. В нашем случае, реализован алгоритм считывания данных с семисегментного индикатора на счетчике контроллером, и передача этих данных по каналу связи.

На рисунке 1 показано подключение контроллера Arduino к индикатору счетчика СМ-16(И).

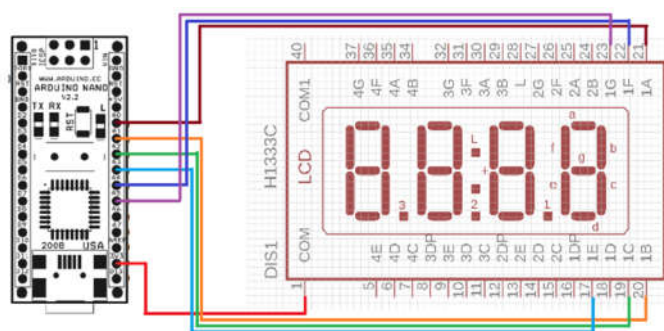


Рисунок 1 – Структурная схема подключения одного разряда дисплея к плате Arduino
Figure 1 – Block diagram of connecting a single digit display to an Arduino

Для сохранения контрастности сегменты дисплея горят при попеременной подаче напряжения $\pm 1,5V$. Подключение к цифровым входам Arduino невозможно, так как они не могут фиксировать отрицательное напряжение. Также в целях экономии портов на плате контроллера, с индикатора счетчика считывается только последний разряд, отражающий десятые доли литра (рисунок 1), изменение которого обязательно будет

фиксироваться, так как счетчик работает достаточно медленно. Таким образом, подключенный контроллер Arduino проводит параллельный учет на основе данных выводимых основным контроллером на индикатор.

Первоначально производится считывание значений с дисплея и по алгоритму выносится решение (рисунок 2). Аналоговый вход, содержащий АЦП, преобразует получаемое напряжение в

величину от 0 до 1023. Экспериментально было определено, что значения на входах примерно равны ~250/1020 при

включенном индикаторе и ~600 при выключенном.

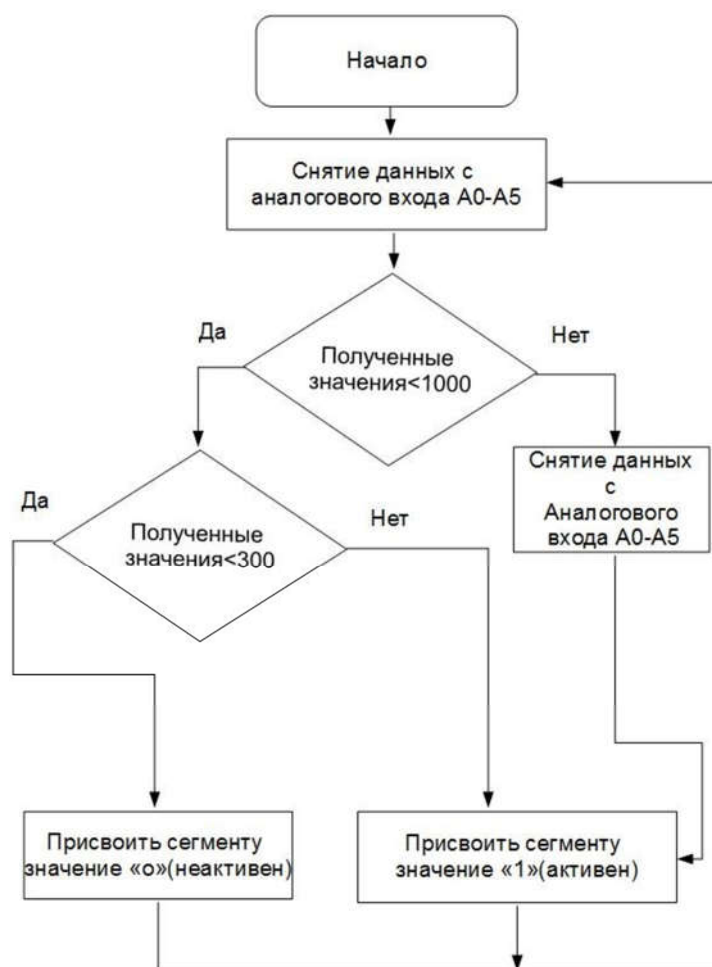


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма вынесения решения о значении сегмента
Figure 2 – Block diagram of the algorithm for making a decision on the value of the segment

В дальнейшем, микроконтроллер сопоставляет данные по активности с таблицей индикации и присваивает определенное значение (цифру) последнему разряду индикатора.

То есть, например:

Сигнал на входе А0=1019 => сегмент а на дисплее активен, контроллер присваивает переменной "а" значение 1

Сигнал на входе А1=1018 => сегмент b на дисплее активен, контроллер присваивает переменной "b" значение 1

Сигнал на входе А2=1023 => сегмент с на дисплее активен, контроллер присваивает переменной "с" значение 1

Сигнал на входе А3=1021 => сегмент e на дисплее активен, контроллер присваивает переменной "е" значение 1

Сигнал на входе А4=1021 => сегмент f на дисплее активен, контроллер присваивает переменной "f" значение 1

Сигнал на входе А5=500 => сегмент g на дисплее активен, контроллер присваивает переменной "g" значение 0

Сокращенная структурная схема алгоритма присвоения значения показана на рисунке 3.

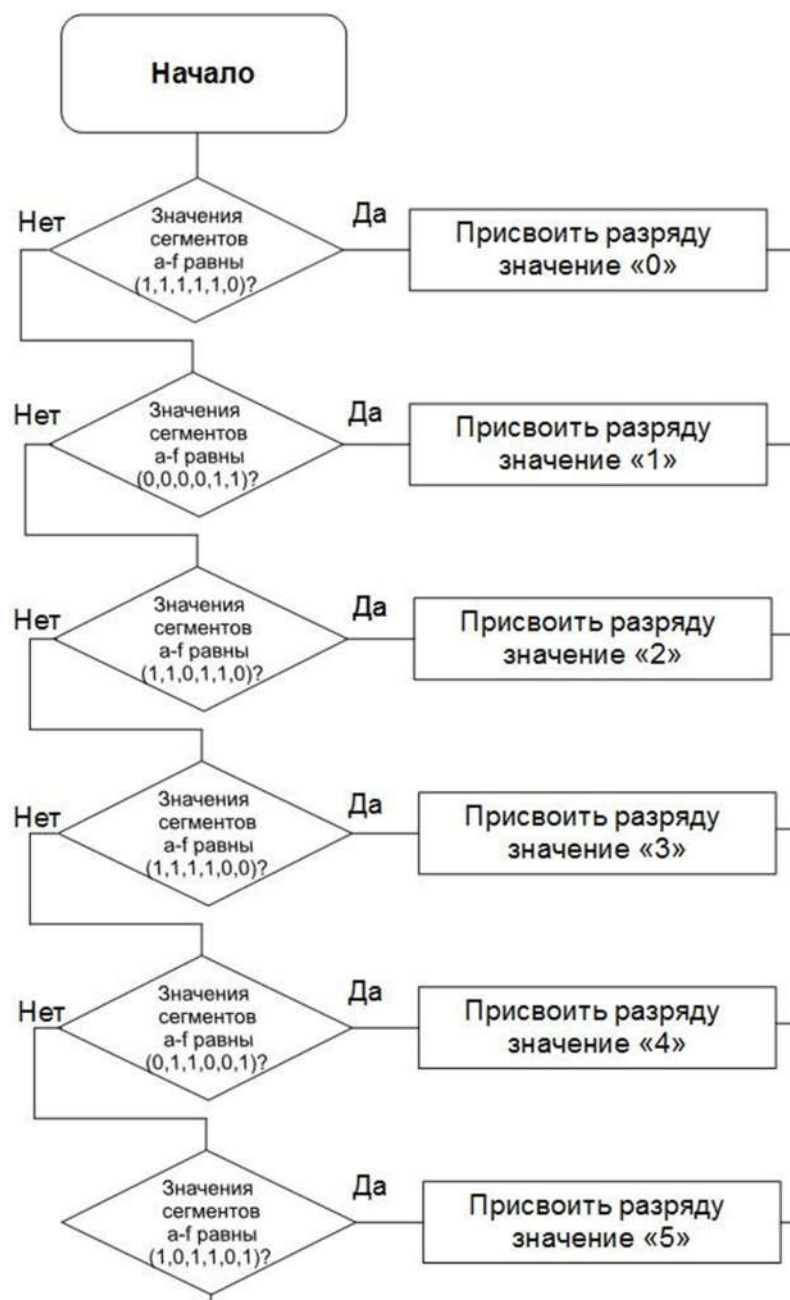


Рисунок 3 – Структурная схема алгоритма присвоения значения при индикации (сокращенная)
Figure 3 – Block diagram of the display value assignment algorithm (abbreviated)

Для проведения счета значений на индикаторе счетчика, необходимо ввести механизм сравнения нынешнего значения разряда с предыдущим, для того, чтобы в дальнейшем организовать расчет в зависимости от разницы между нынешним и прошлым значением разряда. Для этого в контроллер вводится две величины, «предыдущее значение» и «нынешнее значение», которые при запуске

программы предустановлены в ноль. По алгоритмам (рис. 2, 3) полученное значение последнего разряда на дисплее счетчика записывается в переменную «нынешнее значение», которое затем, уже после вычисления разницы сравнивается с «предыдущим значением», и если они не равны, то новое значение заменяет старое. Алгоритм показан на рисунке 4.

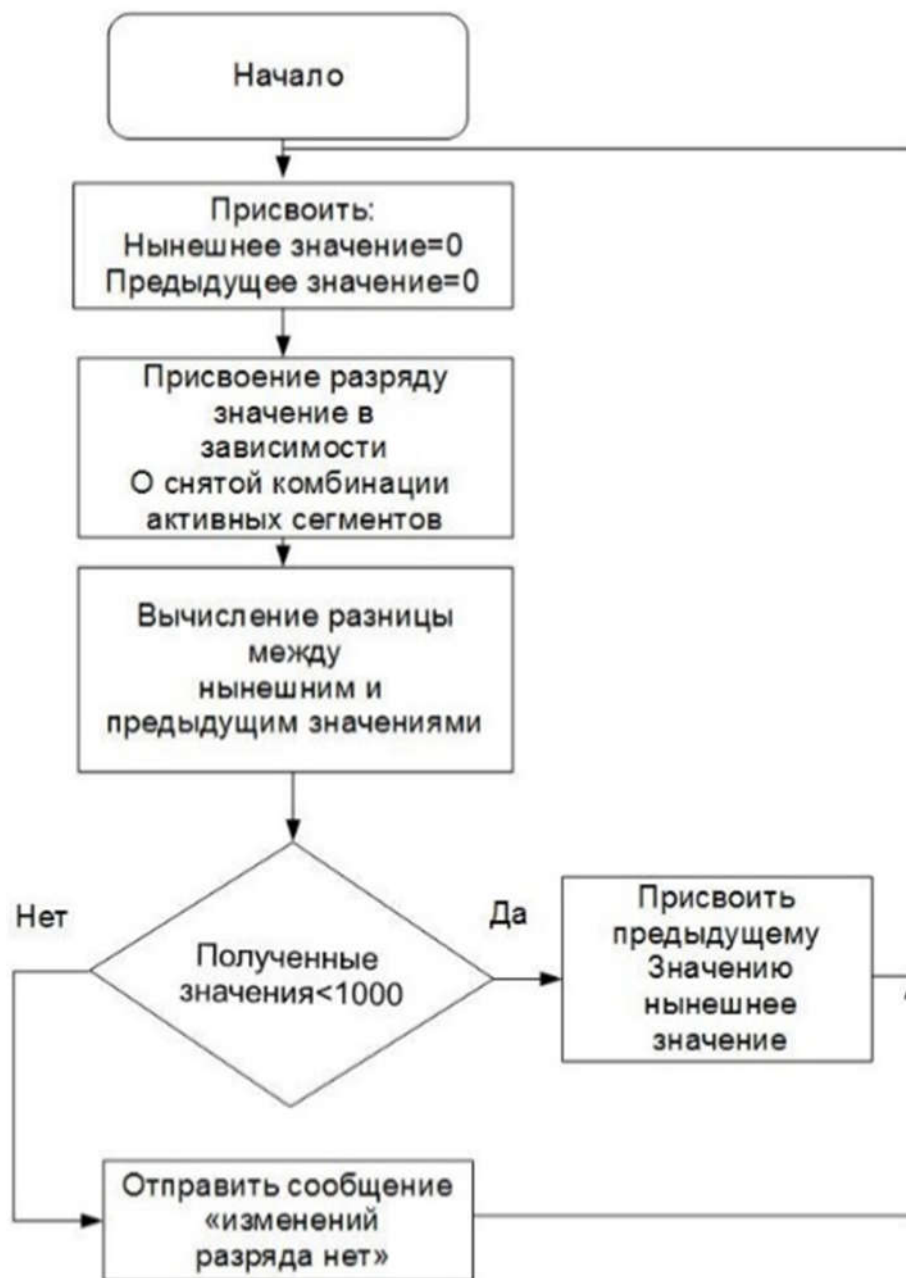


Рисунок 4 – Структурная схема алгоритма работы с «нынешним» и «предыдущим» значениями разряда

Figure 4 – Block diagram of the algorithm for working with "the current" and "previous" values of the discharge

Получив все необходимые данные с индикатора счётчика, для принятия решения о количестве удоя, контроллер должен проверять данные сегмента с начала работы программы до её завершения. Производя постоянные расчеты разности между сегментами, выводится итоговое значение надоя

молока. Структурная схема алгоритма расчёта данных и получения полезной информации об удое, при считывании данных с семисегментного индикатора существующего счетчика, показана на рисунке 5. В схеме показаны только некоторые основные этапы, дублирующие и аналогичные опущены.

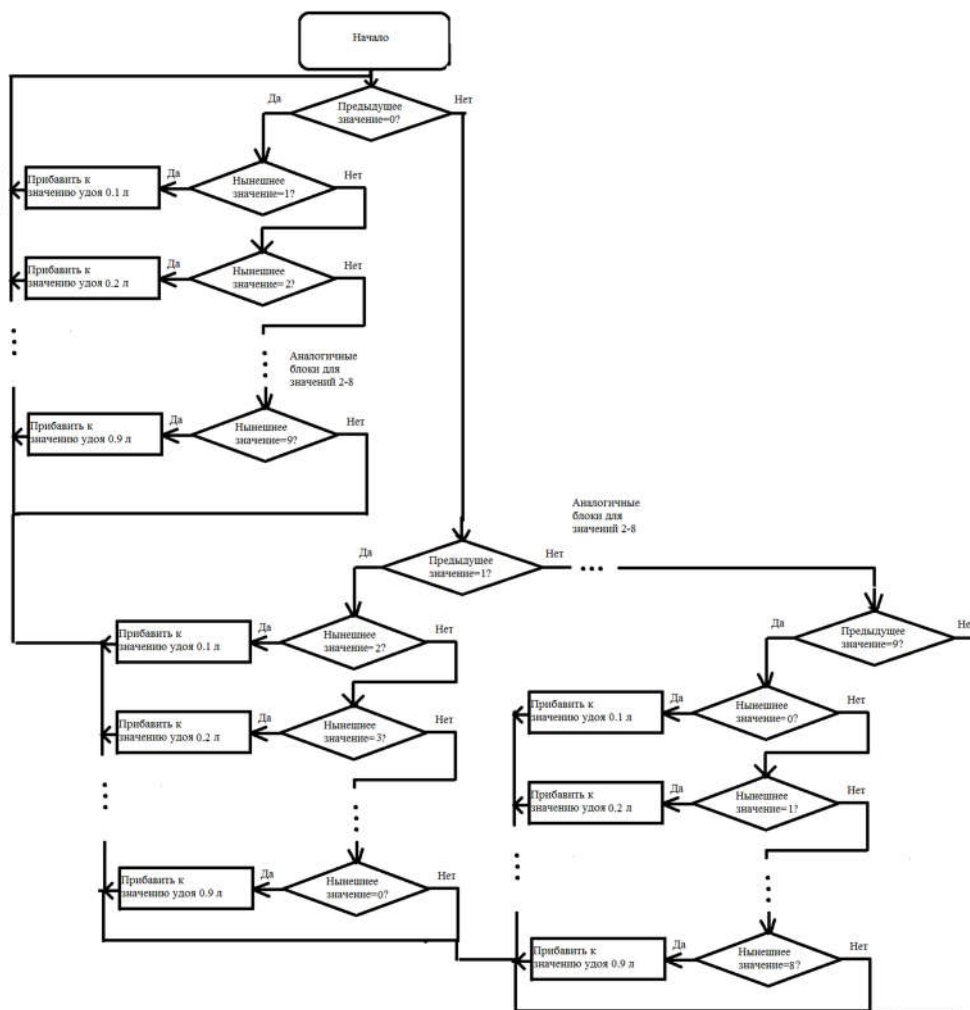


Рисунок 5 – Структурная схема алгоритма расчета надоя молока
Figure 5 – Block diagram of milk yield calculation algorithm

Часть программного кода, использующего оператор if...else для определения значения семисегментного индикатора и оператор case для вынесения

решения об увеличении значения учтенного молока. представлена на рисунке 6.

```

7segmentWithCounter_transmitting_RFID
//Присвоение значения в зависимости от состояния сегментов
if(a=1 && b=1 && c=1 && d=1 && e=1 && f=0)
{Segment_A=0;}
else if(a=0 && b=1 && c=1 && d=1 && e=0 && f=0)
{Segment_A=1;}
else if(a=1 && b=1 && c=0 && d=1 && e=0 && f=1)
{Segment_A=2;}
else if(a=1 && b=1 && c=1 && d=0 && e=0 && f=1)
{Segment_A=3;}
else if(a=0 && b=1 && c=1 && d=0 && e=1 && f=1)
{Segment_A=4;}
else if(a=1 && b=0 && c=1 && d=0 && e=1 && f=1)
{Segment_A=5;}
else if(a=1 && b=1 && c=1 && d=1 && e=1 && f=1)
{Segment_A=6;}
else if(a=1 && b=1 && c=1 && d=1 && e=0 && f=0)
{Segment_A=7;}
else if(a=1 && b=1 && c=1 && d=1 && e=1 && f=1)
{Segment_A=8;}
else if(a=0 && b=1 && c=0 && d=0 && e=0 && f=0)
{Serial.println("Индикатор отключен");}

7segmentWithCounter_transmitting_RFID
//вариант условной операции
switch (oldSegment_A) {
case 0:
switch (Segment_A) {
case 1:
milk+=0.1;
break;
case 2:
milk+=0.2;
break;
case 3:
milk+=0.3;
break;
case 4:
milk+=0.4;
break;
case 5:
milk+=0.5;
break;
case 6:
milk+=0.6;
break;
case 7:
milk+=0.7;
break;
case 8:
milk+=0.8;
break;
}
}
    
```

Рисунок 6 – Программный код для вычисления надоя
Figure 6 – Program code for calculating milk yield

Передача по радиоканалу LoRa

Показания счетчика, полученные контроллером, должны быть переданы в соответствующую базу данных. В качестве передающего модуля использован модуль Adafruit Feather 32u4 LoRa [10].

Подключение контроллера Arduino к трансиверу осуществляется по UART - интерфейсу. Алгоритм работы, показанный на рисунке 7, поясняет совместную работу контроллера и модуля передачи.



Рисунок 7 – Структурная схема алгоритма коммуникации контроллера Arduino и трансивера LoRa
Figure 7 – Структурная схема алгоритма коммуникации контроллера Arduino и трансивера LoRa

Выводы

Результатом работы является конечный вариант опытного устройства, способный передать учетные данные об удое молока на сервер по каналу LoRa, полученные путем подключения к индикатору счетчика, без вмешательства в его работу.

Алгоритм, раскрытый в работе, является одним из этапов разработки универсального оборудования по автоматическому учету молочной продуктивности. Получение данных с существующих счетчиков позволит провести модернизацию мобильных доильных аппаратов и интегрировать их в информационные системы молочного

животноводства. Устройство также может быть отвязано от задач молочного животноводства при условии доработки: например, замена сенсора на специализированный в другой области.

Разумеется, предложенный подход и алгоритм, является только лишь одним из вариантов решения поставленной задачи и не является единственно правильным.

Данная работа выполнена в рамках ПЦФ МСХ РК, BR06349515 «Трансферт и адаптация инновационных технологий для оптимизации производственных процессов на молочных фермах Северного Казахстана».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Oliveira A.O., Oliveira H.L.S., Gomes C.F.S., Ribeiro P.C.C. Quantitative analysis of RFID' publications from 2006 to 2016. *International journal of information management*, v. 48, p. 185-192, 2019.
- [2] Коммуникационные технологии для интернета вещей в сельском хозяйстве (Agro IoT) и роль операторов связи: Аналитический Отчет Компании J'son & Partners Consulting – Режим доступа: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/kommunikatsionnye-tehnologii-dlya-interneta-veschey-v-selskom-hozyaystve-agro-iot-i-rol-operatorov-svyazi--20170705011636 [Дата обращения: 21.10.2019]
- [3] Состояние и перспективы использования радиотехнологий LPWAN для рынка Интернета вещей (IoT): Аналитический отчет компании J'son & Partners Consulting – Режим доступа: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/sostoyanie-i-perspektivy-ispol-zovaniya-radiotekhnologiy-lpwa-dlya-rynka-interneta-veschey-iot-20160729095226 [Дата обращения: 21.10.2019]
- [4] Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н. Тенденции развития техники для молочного скотоводства // Вестник ВНИИМЖ. 2015. №3 (19).
- [5] Патент РФ №2444182, 10.06.2010. Устройство для учета молока в молокопроводах животноводческих ферм // Патент РФ 2010123688. 2010. / Российская академия сельскохозяйственных наук Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук
- [6] Патент КНР №CN2932325Y, 08.08.2007. Расходомер молока // Патент CN 200620026859. 2007. / Tiannong Technology Co., Ltd.
- [7] Патент КНР № CN201120173336, 17.12.2014. Цифровой интеллектуальный электрический доильный счетчик // Патент CN2011101415427A. 2014. / Cao Sai
- [8] Патент КНР № CN204461514U, 08.07.2015. Импульсный датчик для молока // Патент CN201520114482.3U. 2015. / Zhang Wenguang, Li Nan, Zheng Chao, Zhang Qing
- [9] Счетчик индивидуального (группового) учета молока SM-16 (И): Техническое описание и руководство по эксплуатации – Режим доступа: <http://www.td-rashodomer.ru/catalog/rashodometry-schetniki/prochee/sm-16l.htm> [Дата обращения: 08.04.2019]
- [10] LoRa32u4 II – Режим доступа: <https://bsfrance.fr/lora-long-range/1345-LoRa32u4-II-Lora-LiPo-Atmega32u4-SX1276-HPD13-868MHZ-EU-Antenna.html> [Дата обращения: 14.03.2019]

REFERENCES

- [1] Oliveira A.O., Oliveira H.L.S., Gomes C.F.S., Ribeiro P.C.C. Quantitative analysis of RFID' publications from 2006 to 2016. *International journal of information management*, v. 48, p. 185-192, 2019.
- [2] *Kommunikatsionnye tekhnologii dlya interneta v sel'skom khozyaystve (Agro IoT) i rol' operatorov svyazi: Analiticheskiy otchet Kompanii J'son & Partners Consulting* [In Russian: Communication technologies for the Internet of things in agriculture (Agro IoT) and the role of Telecom operators: analytical report by J'son & Partners Consulting] - access mode: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/kommunikatsionnye-tehnologii-dlya-interneta-veschey-v-selskom-hozyaystve-agro-iot-i-rol-operatorov-svyazi--20170705011636 [accessed: 21.10.2019]
- [3] *Sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya radiotekhnologiy LPWAN dlya rynka Interneta veshchey (IoT): Analiticheskiy otchet kompanii J'son & Partners Consulting* [In Russian: Status and prospects of using LPWAN radio technologies in the Internet of things (IoT) market: analytical report of J'son & Partners Consulting] - access mode: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/sostoyanie-i-perspektivy-ispol-zovaniya-radiotekhnologiy-lpwa-dlya-rynka-interneta-veschey-iot-20160729095226 [accessed: 21.10.2019]
- [4] Mishurov N.P., Kuzmina T.N. *Tendentsii razvitiya tekhniki dlya molochnogo skotovodstva* [In Russian: Trends in the development of equipment for dairy cattle breeding] // Bulletin of VNIIMZH. 2015. No3 (19).
- [5] Patent Russia no. 2444182 dated 10.06.2010. *Ustroystvo dlya ucheta moloka v molokoprovodakh zhivotnovodcheskikh ferm* [In Russian: Device for accounting of milk in milk pipelines of livestock farms] // RF Patent 2010123688. 2010. / State scientific institution of the Russian Academy of agricultural Sciences all-Russian research Institute of electrification of agriculture of the Russian Academy of agricultural Sciences
- [6] Patent China no. CN2932325Y, 08.08.2007. Milk flowmeter // patent CN 200620026859. 2007. / Tiannong Technology Co., Ltd.
- [7] Patent China no. CN201120173336, 17.12.2014. Digital intelligent electric milking counter // patent CN2011101415427A. 2014. / CAO SAI
- [8] Patent China no. CN204461514U, 08.07.2015. Pulse sensor for milk // patent CN201520114482.3U. 2015. / Zhang Wenguang, Li Nan, Zheng Chao, Zhang Qing

[9] *Schetchik individual'nogo (gruppovogo) ucheta moloka SM-16 (I): Tekhnicheskoye opisanie i rukovodstvo po ekspluatatsii* [In Russian: Individual (group) milk meter SM-16 (I): technical description and operation manual] - access mode: <http://www.td-rashodomer.ru/catalog/rashodometry-schetchiki/prochee/sm-16I.htm> [accessed 08.04.2019]

[10] LoRa32u4 II-access mode: <https://bsfrance.fr/lora-long-range/1345-LoRa32u4-II-Lora-LiPo-Atmega32u4-SX1276-HPD13-868MHZ-EU-Antenna.html> [accessed 14.03.2019]

АЛГОРИТМ СНЯТИЯ ПОКАЗАНИЙ СЧЕТЧИКА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ПЕРЕДАЧИ ПО РАДИОКАНАЛУ

Мирманов Арман Барлықович, ассоциированный профессор, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г.Нур-Султан, Казахстан, mirmanov.a@mail.ru

Острецов Камиль Игоревич, младший научный сотрудник, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г.Нур-Султан, Казахстан, nom1997ad@gmail.com

Байгуаныш Санат Бейбетұлы, научный сотрудник, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г.Нур-Султан, Казахстан, kvenecusghost@gmail.com

РАДИОАРНА БОЙЫНША АРЫ ҚАРАЙ ЖІБЕРУІ ҮШІН САНАҒЫШ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ЕСЕПТЕУ АЛГОРИТМІ

Мирманов Арман Барлықұлы, қауымдастырылған профессор, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-сұлтан, Қазақстан, mirmanov.a@mail.ru

Острецов Камиль Игоревич, кіші ғылыми қызметкер, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-сұлтан, Қазақстан, nom1997ad@gmail.com

Байгуаныш Санат Бейбетұлы, ғылыми қызметкер, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-сұлтан, Қазақстан, kvenecusghost@gmail.com

Андатпа. Қазақстан Республикасының мал шаруашылығының дамуы соңғы жылдары сүт өнімдеріне нарықтың сұранысына байланысты. Шағын шаруашылықтардың саны артып келеді және қымбат емес заманауи сауу жабдықтарымен жабдықтау мәселесі туындайды. Кез келген сүт фермаларын Автоматтандырудың негізгі мақсаты сүт және сүт өнімдерін өндіру өнімділігін арттыру болып табылады. Бірақ нашар жабу немесе байланыс желілерінің болмауы алдыңғы қатарлы технологияларды енгізуге теріс әсер етеді. Осындай жағдайларда шешімнің бірі, алыс және жақын радиустағы энергия тиімді желілерді және олардың базасында әзірленген мал шаруашылығының қандай да бір параметрлерінің қашықтағы сандық мониторингіне арналған құрылғыларды қолдану болуы мүмкін. Берілген мақала сүт сауу жүйесіне байланысты мәселесінің өзектілігін көрсетіп берді. Жұмыста сүт есептегішінен оның конструкциясы мен жұмысына араласпай деректерді алу үшін қажетті алгоритмдер келтірілген, және алынған деректерді LoRa радиоарнасы бойынша одан әрі беруі көрсетілген. Алынған сүт көлемінің литрдегі мәндерін есептеу үшін есептеуіштің индикаторына сыртқы контроллерді қосу схемасы көрсетілген. Әзірленген алгоритмдер есептеуіш индикаторынан деректерді өңдеу кезінде контроллердің жұмыс сызбасын ашады. Бұл жағдайда, контроллер мен трансивердің өзара әрекет ету алгоритмінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Осы жұмыста ашылған алгоритмдер сүт өнімділігін автоматты есепке алу бойынша әмбебап жабдықтарды әзірлеу кезеңдерінің бірі болып табылады. Қазіргі санауыштардан деректер алу мобильді сауу аппараттарын жаңғыртуды жүргізуге және оларды сүтті мал шаруашылығының ақпараттық жүйелеріне ықпалдастыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Алгоритмдер, семисегмент индикаторы, Arduino, сүт сауу есептегіші, IoT, LoRa.

HIDDEN INFORMATION IN IMAGES

Elmira Daiyrbayeva, PhD student of specialty 8D06254 " Radioengineering, electronics and telecommunications", Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan

Fedor Murzin, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Novosibirsk State University, Institute of Informatics Systems A.P. Ershov Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

Marina Lipskaya, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan

Abstract. Steganography is the art of hiding the fact that communication occurs by hiding information in other information. You can use different types of media file formats, but digital images are the most popular because of their frequency on the Internet. There is a wide variety of steganography methods for hiding secret information in images. Some of them are more complex than others, and they all have their own strengths and weaknesses. Many applications may require absolute invisibility of secret information. This document intends to give an overview of image steganography, its use and methods, mainly for storing confidential information in images, such as details of working strategy, secret missions, criminal and confidential information in various organizations that work for national security, such as the army, police, FBI, secret service, etc.

Information technology is divided into all areas of life, reflecting the latest developments in the field of progress. Instead, you will find the new quality, the new way of organizing your life. The process of computerization is carried out with the help of the up-to-date information object. This etiological process contributes to the objectivity of the subject from the global information system, the motor, to the right side, connects the world to the essential system of things. The problem is the wrong access to the kernel, which causes the wrong way to go. Multidimensional, it is important to read digital content, which implies the confidentiality of the users and the dispersed use of multimedia data.

Keywords: information security, steganography, cryptanalysis, imagery.

УДК 004.932

Э.Н. Дайырбаева¹, Ф.А. Мурзин², М.А. Липская¹

^{1,1}Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

²Новосибирский государственный университет, Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, РФ

СКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Аннотация. Стеганография - это искусство скрывать тот факт, что общение происходит, скрывая информацию в другой информации. Можно использовать различные типы форматов файлов-носителей, но цифровые изображения являются наиболее популярными из-за их частоты в Интернете. Для сокрытия секретной информации в изображениях существует большое разнообразие методов стеганографии. Некоторые из них более сложны, чем другие, и все они имеют свои сильные и слабые стороны. Многие приложения могут требовать абсолютной невидимости секретной информации. Этот документ намеревается дать обзор стеганографии изображений, ее использования и методов, в основном, для хранения конфиденциальной информации в изображениях, такой как детали рабочей стратегии, секретные миссии, криминальная и конфиденциальная информация в различных организациях, которые работают для национальной безопасности, таких как армия, полиция, ФБР, секретная служба и т. д.

Ключевые слова: безопасность информации, стеганография, криптоанализ, изображения.

Вступление. Нынешний мир вступает в новый этап собственного становления. Последнее имеет место быть в ряде свойственных характерных перемен: подъеме техносферы, которая обновила целый производственный процесс,

обеспечив его автоматизацией, роботизацией; модификации ресурсной базы изготовления, которая ныне базирована на информации, знаниях; развитии телекоммуникаций и планетарной системы связи, основавших

подходящие обстоятельства внедрения новейших информационных технологий [1].

Информационные технологии сейчас попадают во все сферы жизни, раскрывая абсолютно свежие способности для социального прогресса. Совместно с данным появляется и новое качество, современный метод организации социальной жизни. Процесс информатизации считается обязательной частью современного информационного общества. Данный процесс порождает подневольность субъекта от массового информационного места, которое, в собственную очередь, связывает мировое сообщество в единственную совместную систему.

С момента появления Интернета безопасность информации также стала одним из наиболее сложных факторов информационных технологий и коммуникации. Огромный объем данных передается каждую секунду в Интернете через электронную почту, сайты обмена файлами, сайты социальных сетей и т. д. По мере роста числа пользователей Интернета растет озабоченность по поводу доверия к услугам, поэтому концепция Интернет-безопасность стала важной темой исследования в наше время. Конкурентный характер компьютерной индустрии заставил веб-сервисы выйти на рынок с бешеной скоростью, что дало очень мало времени для аудита безопасности системы. С другой стороны, ограниченный рынок труда заставляет управлять разработкой интернет-проектов с менее опытным персоналом, который может не иметь подготовки по вопросам конфиденциальности и безопасности. Вследствие быстрого развития коммуникационных технологий удобно получать мультимедийные данные. Впрочем, неувязка незаконного доступа к сведениям появляется внезапно и всюду. Значит, довольно принципиально отстаивать цифровой контент, обеспечивая конфиденциальность пользователей и

разрешенное использование мультимедийных данных.

1-ая идея, которая приходит, когда начинаешь мыслить о закрытости данных – это шифрование. То есть представление данных в этом облике, в котором, не принимая во внимание ключа, их нельзя было бы понять. Эти данные возможно больше или же наименее безопасно сохранять и пересылать по общедоступным каналам связи. Подобный метод защиты информации, именуемый *криптографической защитой* (криптографией), обширно применяется как в компьютерной, например, и в иных сферах жизни человеческого общества. Задача тайнописи произведена в перекрытии несанкционированного доступа к информации методом шифрования содержания скрытых сообщений. Мы же поговорим о другом варианте обеспечения конфиденциальности данных – о стеганографической защите (стеганографии) [2].

В отличие от криптографии, которая скрывает содержимое секретного сообщения, стеганография скрывает сам прецедент (факт) его существования. Как правило, сообщение станет смотреться как что-нибудь другое, к примеру, как изображение, заметка, перечень покупок, послание или же sudoku. Стеганографию, как правило, используют вместе со способами криптографии (тайнописи), этим образом, дополняя её.

Превосходство стеганографии над чистой криптографией состоит в том, собственно, что сообщения не влекут к себе интереса. Сообщения, прецедент (факт) шифрования которых не скрыт, вызывают предположение и имеют все шансы быть сами по себе уличающими в тех государствах, в которых не разрешена криптография. Этим образом, криптография защищает содержание сообщения, а стеганография защищает сам факт присутствия каких-либо скрытых посланий.

Мысль стеганографии состоит в том, чтобы скрыть сам прецедент (факт) сокрытия какой-нибудь информации. При этом оба метода возможно объединить и применить совместно, для увеличения производительности защиты информации (например, при передаче криптографических ключей) [1,2].

Доступные настольные приложения для организаций, работающих в сфере преступности и безопасности, которые используют различные методы связи, такие как электронная почта, телефоны и т. д., более подвержены атакам злоумышленников, включая перехватчиков. Подслушивание - это, по сути, атака на передаваемые данные с целью захвата пакетов и извлечения содержимого данных, таких как пароли, токены сеанса или любой вид конфиденциальной информации. Такие инструменты, как анализаторы сети, используются для инициирования таких атак путем сбора пакетов в сети и последующего анализа собранных данных для декодирования протокола или повторной сборки потока. Таким образом, передаваемое конфиденциальное сообщение часто шифруется, поэтому даже, если посторонним удастся получить сообщение, они не могут прочитать исходное содержимое. Однако они все еще могут знать, что зашифрованный текст содержит некоторую конфиденциальную информацию.

Теперь, проблема была направлена на стеганографию, посредством которой можно скрыть секретную информацию внутри других объектов покрытия, которые могут быть чем угодно в современном цифровом мире, таких как изображения, аудио, видео и т. д.

Имея это в виду, мы сделали обзор по этим вопросам. На сегодняшний день существуют разные алгоритмы шифрования и методы стеганографии.

Обзор. В современных системах защиты информации гигантскую роль играют не лишь только способы (методы) криптографии, но и способы (методы)

стеганографии. В случае, если традиционная задача криптографии состоит в том, чтобы утаить от 3 лиц содержание сообщения, то традиционная задача стеганографии - утаить сам факт передачи сообщения. Предписанная задача стеганографии: принимается решение при помощи внедрения сообщений в безопасные на вид объекты данных, именуемые *контейнерами*, предоставление которых считается простым делом и не вызывает подозрений. Ключевым понятием стеганографии считается стегосистема, то есть совокупность средств и способов, применяемых для организации скрытого канала передачи данных. Есть и ряд иных своевременных задач, которые принадлежат стеганографии, к примеру, защита авторских прав, которая еще основывается на внедрении в авторские цифровые документы скрытых сообщений, идентифицирующих автора или же законных получателей.

Обратная задача стеганографии называется стегоанализом. В отличие от криптоанализа, основной целью которого является раскрытие содержания сообщения, стегоанализ, в первую очередь, направлен на раскрытие факта наличия связи, т. е. на выявление наличия скрытых сообщений. Стеганография и стегоанализ неразрывно связаны между собой. Их методы постоянно конкурируют друг с другом и успехи в одной области, как правило, приводят к появлению новых результатов в другой. Так, невозможно качественно решить задачу стегоанализа, не рассматривая новейших методов внедрения скрытой информации.

Оборотная задача стеганографии именуется стегоанализом. В отличие от криптоанализа, ведущей целью которого считается раскрытие содержания сообщения, стегоанализ, в первую очередь, ориентирован на раскрытие прецедента наличия связи, т. е. на выявление присутствия скрытых сообщений. Стеганография и стегоанализ неразрывно связаны между собой. Их способы каждый день конкурируют друг с другом и успехи

в одной области, как правило, приводят к появлению обновленных итогов в другой. Так, невозможно качественно решить задачу стегоанализа, не рассматривая новых способов внедрения сокрытой информации.

Ключевая задача стеганографии заключается в том, чтобы скрыть сам факт присутствия связи с поддержкой встраивания сообщений в безопасные на вид объекты, которые именуют контейнерами. Контейнер принято считать пустым, если в нем не находятся скрытые данные, и, в соответствии с этим, заполненным контейнером именуют объект, скрывающий в себе какую-нибудь труднодоступную для сторонних информацию. В качестве контейнеров в цифровой стеганографии имеют все шансы применяться разного семейства изображения, видео-файлы, аудио-файлы, текстовые файлы и в том числе и исполняемые файлы. До тех времен пока же электронные документы содержат

сверхизбыточную информацию, они станут использоваться как объект для скрытия секретных сообщений.

Чтобы расположить тайное сообщение в контейнере, применяется некий алгоритм встраивания, который конкретным образом изменяет составляющие контейнера, в результате чего выходит наполненный контейнер, который еще именуют стегоконтейнером. Процесс внедрения как правило связан с тайным стего-ключом, который управляет ходом воздействия метода и еще нужен для извлечения скрытого сообщения. Для повышения защищенности передачи данных, перед встраиванием известие шифруется с поддержкой «любого» достоверного метода шифрования данных. Для обратного получения сообщения из стегоконтейнера принимающей стороной применяется метод извлечения информации, который плотно связан с подходящим методом внедрения. Вся система, организующая

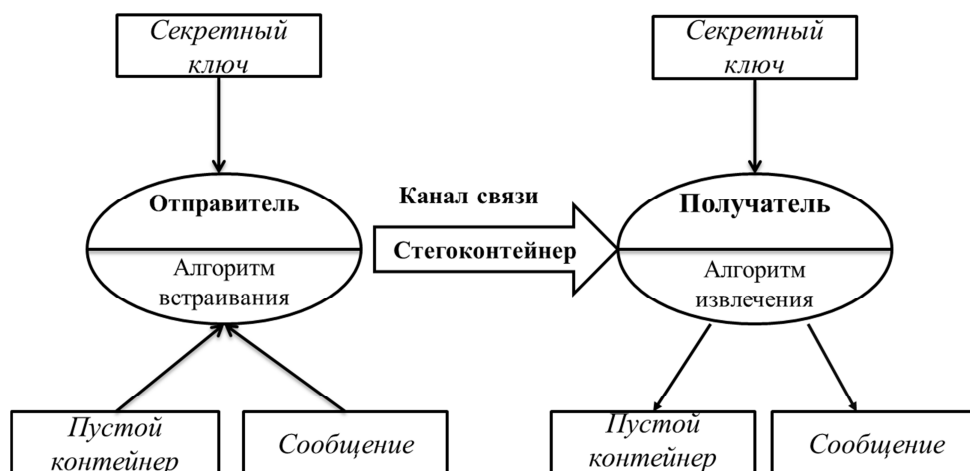


Рисунок 1 - Схема стегосистемы
Figure 1 - Stegosyst diagram

В отличие от водяных символов, когда встраиваемое сообщение плотно связано с исходным файлом, представляющим определенные данные, эти как информация об авторе или же обладателе, коды подлинности и т.д., в стеганографии, исходное изображение-контейнер - это всего лишь конспирация

(маскировка), и оно не имеет никакого отношения к скрываемым сведениям. Обнаружение присутствия наличия сокрытой передачи данных, оценка длины секретного сообщения и его извлечение принадлежат к области стегоанализа. Самая весомая заявка для стеганографических систем заключается в

стойкости к попыткам обнаружения: стего обязаны быть статистически неотличимы от пустующих контейнеров. Другими словами, в стего не надлежит находиться каких-то «артефактов», которые имеют возможность выявить взломщика с возможностью, наилучшей, чем случайное угадывание. При данном функционирует принцип Кирхгофа, который подразумевает, что враг содержит полные сведения о способе встраивания информации, не считая познания стегоключа. Сейчас имеется большое число стеганографических алгоритмов встраивания информации в цифровые изображения, а еще алгоритмов обнаружения [3].

Существуют разные методы стеганографии:

Одним из самых популярных и обширно применяемых способов стеганографии считается способ встраивания в младшие биты (LSB). На сегодняшний день его продолжают использовать для встраивания скрытых данных в цифровые изображения, фильмы аудиозаписи.

Ранние стеганографические схемы, которые использовали *метод LSB*, фокусировались на внедрении информации с помощью внесения небольшого искажения в исходное изображение, принимая, во внимание эвристическое предположение о том, что чем меньше вносится искажений при встраивании, тем более безопасной становится стеганографическая схема. К такому виду методов относится, к примеру, программа Hide4PGP, который записывает информацию в младшие биты элементах составляющих яркости пикселей. Предоставленная программа производит. Например. именуемое рассеянное заполнение, когда младшие биты заменяются «свежей» информацией в

порядке, определяемом некоторой псевдослучайной последовательностью [4].

Способ ± 1 встраивания. Встраивание по принципу ± 1 считается частным случаем стохастической модуляции, когда к изображению-контейнеру прибавляется шум. При данном ожидается, что известие - это случайная битовая очередность и для внедрения использовалось 100% пикселей матрицы изображения. До возникновения стохастической модуляции, не посчастливилось создать подобный стеганографический способ, который бы обеспечивал возвышенный степень наполнения (например, повыше 0.5 бит на пиксель) и имел возможность бы казаться как добавление шума с предопределенными качествами, охватывая то, что преломления возможно имеют требуемые статистические качества. Стохастическая модуляция считается обычным высокочастотным стеганографическим способом, который встраивает биты сообщения при помощи прибавления сигнала шума с случайным рассредотачиванием, но наибольшее использование нашел как раз ± 1 способ, который на британском именуется еще *LSB matching*.

Представим подробнее схему встраивания информации с помощью *LSB matching*. Пусть число, записанное в i -м байте, который несет значение текущего пикселя в матрице изображения, обозначается x_i ; наименьший значащий бит данного числа - $LSB(x_i)$; встраиваемый бит — m_i ; значение, полученное после встраивания, обозначим \bar{x}_i . Также в ± 1 встраивании используется «случайная последовательность, значения которой обозначим. С равной вероятностью r_i будет принимать значения +1 либо -1. Встраивание происходит согласно равенству:

$$\bar{x}_i = \begin{cases} x_i, & \text{если } LSB(x_i) = m_i \\ x_i + r_i, & \text{если } LSB(x_i) \neq m_i, x_i \neq 0, x_i \neq 255 \\ x_i + 1, & \text{если } LSB(x_i) = m_i, x_i = 0 \\ x_i - 1, & \text{если } LSB(x_i) \neq m_i, x_i = 255 \end{cases} \quad (1)$$

В итоге последний значащий бит \bar{x}_i –го совпадает со значением встраиваемого бита m_i -е.

Несмотря на то, что метод ± 1 встраивания обладает стойкостью, ко многим видам стегоанализа, он имеет свой недостаток. Дело в том, что добавляемый шум независим от значений пикселей, что нарушает определенные статистические свойства изначального распределения младших бит элементов контейнера.

Выводы. Безопасная передача информации имеет большое значение в современном мире. Ежедневное прослушивание происходит во время передачи конфиденциальной информации; может быть, это банковские реквизиты банка, запись звонков людей для шантажа, утечка информации через небезопасные

средства связи и т. д. Таким образом, в отношении этих аспектов Image Steganography - это приложение для таких организаций, как департамент полиции, чтобы скрыть конфиденциальные детали, такие как строго конфиденциальные детали криминала, секретные миссии, полицейскую стратегию и т.д. внутри файла изображения. Кроме того, этот метод может быть широко применим для предоставления необходимых конфиденциальных вопросов даже через сайты социальных сетей, где люди даже не думают, что изображение может содержать что-то еще. Сообщение обладает высокой степенью защиты, поскольку имеет двухуровневую защиту: шифрование и стеганографию, а также имеет широкий спектр применений в различных секторах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. –М.: Солон-Пресс, 2009. – 272 с.
- [2] Аграновский А. В., Балакин А. В., Грибунин В. Г., Сапожников С. А. Стеганография, цифровые водяные знаки и стегоанализ: Монография. – М.:Вузовская книга, 2009. – 220 с.
- [3] Конахович Г. Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К.: МК-Пресс, 2006. – 288 с.
- [4] Пономарев К. И., Путилов Г. П. Стеганография: история и современные технологии. – М.: МИЭМ, 2009. – 70 с.
- [5] Мерзлякова Е.Ю. Построение стеганографических систем для растровых изображений, базирующихся на теоретико-информационных принципах.:дис. ... канд. техн. наук: 05.13.19. – Новосибирск: СибГУТИ, 2011. – 161 с.

REFERENCES

- [1] Gribunin V. G., Okov I. N., Turintsev I. V. *Tsifrovaya steganografiya* [in Russian: Digital steganography] – М.: Solon-Press, 2009. – 272 p.
- [2] Agranovskiy A. V., Balakin A. V., Gribunin V. G., Sapozhnikov S. A. *Steganografiya, tsifrovyye vodyanyye znaki i stegoanaliz. Monografiya* [in Russian: Steganography, digital watermarks and stegoanalysis. Monograph] – М.:Vuzovskaya kniga, 2009. – 220 p.
- [3] Konakhovich G. F., Puzyrenko A.YU. *Komp'yuternaya steganografiya. Teoriya i praktika* [in Russian: Computer steganography. Theory and practice] – К.: МК-Press, 2006. – 288 s.
- [4] Ponomarev K. I., Putilov G. P. *Steganografiya: istoriya i sovremennyye tekhnologii* [in Russian: Steganography: history and modern technology] – М.: MIEM, 2009. – 70 p.
- [5] Merzlyakova Ye.YU. *Postroyeniye steganograficheskikh sistem dlya rastroyvkh izobrazheniy, baziruyushchikhsya na teoretiko-informatsionnykh printsipakh.:dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.19.* [in Russian: Construction of steganographic systems for raster images based on information-theoretical principles.: Dis. ... cand. tech. Sciences: 05.13.19.] – Novosibirsk: SibGUTI, 2011. – 161 s.

СКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Дайырбаева Эльмира Нурбеккызы, докторант специальности 8D06254-«Радиотехника, электроника и телекоммуникации», сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, nurbekkyzy_e@mail.ru

Мурзин Федор Александрович – к.ф.-м.н., доцент, Новосибирский государственный университет, заместитель директора по науке, Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, РФ, murzin@academ.org

Липская Марина Анатольевна – к.т.н., ассоц.профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, limaan78@mail.ru

СУРЕТТЕРДЕГІ ЖАСЫРЫН АҚПАРАТ

Дайырбаева Эльмира Нурбекқызы - 8D06254-«Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығының докторанты, сениор-лектор, Қазақ көлік және коммуникация академиясы М. Тынышпаева, Алматы, Қазақстан nurbekkyzy_e@mail.ru

Мурзин Федор Александрович – ф.-м.-ғ.к., доцент, Новосібір мемлекеттік университеті, директордың ғылым жөніндегі орынбасары, Информатика жүйелері институты А.Р. Ершов Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімшесі, Новосибирск, Ресей Федерациясы, murzin@academ.org

Липская Марина Анатольевна - т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, limaan78@mail.ru

Аңдатпа. Стеганография - бұл коммуникацияның орын алатындығын жасыру, ақпаратты басқа ақпаратқа жасыру өнері. Сіз медиа файл форматтарының әртүрлі түрлерін қолдана аласыз, бірақ сандық кескіндер Интернеттегі жиілігіне байланысты ең танымал. Суреттердегі құпия ақпаратты жасыру үшін стеганографияның алуан түрлі әдістері бар. Олардың кейбіреулері басқаларына карағанда күрделірек және олардың барлығы да күшті және әлсіз жақтарына ие. Көптеген қосымшалар құпия ақпараттың көрінбейтіндігін талап етуі мүмкін. Бұл құжат сурет қауіпсіздігі, армия, ұлттық қауіпсіздік үшін жұмыс жасайтын әртүрлі ұйымдарда құпия стратегияларды, құпия миссияларды, қылмыстық және құпия ақпараттарды суреттерде сақтау үшін, негізінен, сурет стеганографиясына, оның қолданылуына және әдістеріне шолуды ұсынуға ниетті. полиция т.б.

Түйін сөздер: ақпараттық қауіпсіздік, стеганография, криптоанализ, суреттер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.299-306

APPLICATION OF MATHEMATICAL FORECASTING METHODS FOR DETERMINING STOCK INDICATORS

Bayan Kazangapova, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, kbayana@mail.ru

Anel YErzhan, master' s student . Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, anel.erzhan.95@mail.ru

Andrey Ivanov, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan

Abstract. In the context of increased competition in consumer markets, the stability of trading enterprises is ensured during the implementation of strategies aimed at maximizing the satisfaction of consumer demand for goods and services, as well as at reducing all types of trading costs. Warehouses for raw materials, semi-finished products and finished products are one of the most important elements of any manufacturing enterprise , and the warehouse management task is a classic task of inventory management and the central object of research in management theory and industry logistics. An essential feature of inventory management is the uncertainty associated with inaccurate or incomplete information on demand, supplies, time delays of ordered goods, spoilage of products and other parameters of the logistics system, which requires the search for an effective inventory management mechanism in the face of such uncertainty.

An analysis of the developed mathematical models showed that they allow you to take into account most factors and a variety of features for each type of inventory management problem. However, this same diversity has led to the fact that until now it is necessary to develop special models for each real production, taking into account its particular features and adapted to the specific tasks of this production.

The article discusses the use of mathematical methods of forecasting in the theory of inventory management. General recommendations are given on the choice of the forecasting method and the problems that can be encountered when using forecasting for specific tasks are described, and various situations in which it is recommended to make a forecast (use mathematical methods of forecasting) are considered.

Keywords. forecasting, order volume, demand, costs

УДК 625.1 (075.8) 81.93.29

Б.А. Казангапова¹, А.А. Ержан¹, А.А. Иванов¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАПАСОВ

Аннотация. В условиях обострения конкуренции на потребительских рынках устойчивость торговых предприятий обеспечивается в ходе реализации стратегий, направленных на максимальное удовлетворение потребительского спроса на товары и услуги, а также на снижение всех видов торговых издержек. Склады сырья, полуфабрикатов и готовой продукции являются одним из важнейших элементов любого производственного предприятия, а задача управления складом - классической задачей управления запасами и центральным объектом исследований теории управления и промышленной логистики. Существенной особенностью управления запасами является неопределенность, связанная с неточностью или неполнотой информации о спросе, поставках, временных задержках заказанных товаров, порче продукции и других параметрах логистической системы, что требует поиска эффективного механизма управления запасами в условиях такой неопределенности.

Анализ разработанных математических моделей показал, что они позволяют учесть большинство факторов и разнообразие особенностей для каждого из типов задач управления запасами. Однако это же разнообразие привело к тому, что до сих пор для каждого реального производства приходится разрабатывать специальные модели, учитывающие именно его особенности и адаптированные к конкретным задачам данного производства.

В статье рассматриваются вопросы использования математических методов прогнозирования в теории управления запасами. Даны общие рекомендации по выбору метода прогнозирования и описаны проблемы, с которыми можно столкнуться при использовании прогнозирования для конкретных задач, а также рассмотрены разнообразные ситуации, в которых рекомендуется сделать прогноз (применить математические методы прогнозирования).

Ключевые слова. прогнозирование, объем заказа, спрос, затраты,

Функционирование предприятий и организаций, так или иначе, связаны с задачами управления запасами, что говорит о необходимости научного подхода к управлению ими. Для научного управления запасами необходимо правильно представлять себе роль и значение запасов, факторы и их образования, мотивы их создания.

Математические методы прогнозирования имеют высокую достоверность получаемой информации. При прогнозировании наибольшее распространение получили методы математической экстраполяции, экономико-статистического и экономико-

математического моделирования. Системы управления запасами или стратегии управления запасами разрабатываются с целью непрерывного обеспечения потребителя какими-либо материальными ресурсами посредством реализации комплекса мероприятий по поддержанию размера запаса в заданных пределах.

В управлении запасами прогнозирование - функция логистики, которая выполняется во всех областях логистической деятельности: снабжении, производстве и распределении. Прогнозированию, прежде всего, подлежит расход материалов, комплектов, агрегатов

и т.д., спрос на готовую продукцию в натуральных или стоимостных единицах.

В управлении запасами необходимо прогнозирование спроса, продаж, расхода, потому что:

1. Прогнозирование позволяет получить оценку спроса, в зависимости от величины которого организация решает, где и сколько товаров разместить для удовлетворения потребителя. При этом учитывается, что время ожидания потребителем желаемого товара часто меньше времени, необходимого организации для производства и распределения заказа. Созданные запасы незавершенного производства, готовой продукции позволяют гарантировать наличие продукта в течение периода, когда потребитель готов ждать.

2. Прогнозные оценки спроса, продаж и расхода необходимы для составления финансовых планов и смет как для отдельных подразделений, так и для организации в целом.

3. Прогнозы, трансформированные в планы, лежат в основе согласования и координации работы маркетинговых и логистических подразделений фирм в период маркетинговых акций.

Таким образом, адекватный и точный прогноз является основой планов логистики организации, позволяет не только лучше понять порождаемые системой отклонения - основную причину избыточных запасов, но и создать основу для решений по повышению уровня обслуживания, оптимизации объема инвестированного капитала, направляемого в запасы, быстрого реагирования логистических подразделений фирмы на запросы потребителей.[1]

Ситуации, в которых требуется выполнить прогноз, разнообразны: • в одних случаях существует недостаток данных, в других - чрезмерное их количество. Например, в логистике торгового предприятия часто приходится иметь дело с управлением запасами

продукции, модельный ряд которой изменяется достаточно быстро, и ряды исходных данных, доступных для прогнозирования, довольно короткие, а потребность в прогнозе спроса на такую продукцию остается высокой;

- иногда тенденция обнаруживается достаточно легко, часто ее нет;

- во многих сферах деятельности приходится учитывать сезонные колебания, которые повторяются с определенной периодичностью в течение небольшого промежутка времени, циклические колебания, повторяющиеся в течение длительного периода, а также другие важные для конкретного прогноза факторы, такие как фаза жизненного цикла, эффект от маркетинговых мероприятий и прочие определяемые долгосрочной динамикой факторы. Что касается сезонности, то в логистике в целом существует разнообразие ситуаций, в которых может возникать необходимость учета данной составляющей, иногда называемой неравномерностью. Например, спрос может изменяться поквартально, ежемесячно, по дням недели и даже по часам суток.

Различным аспектам прогнозирования посвящено значительное количество исследований. Прогноз определяется как вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного явления в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления, приводятся классификации методов прогнозирования. Для успеха в построении прогнозных оценок знаний только о способах их получения недостаточно. Важно четко разграничивать области применения разных методов прогнозирования и в зависимости от объема и характера данных быстро и безошибочно выбирать нужный в соответствии с целью получения конкретного прогноза.

Одним из параметров выбора метода прогнозирования является величина ошибки модели прогноза. Так,

для товаров с предсказуемым спросом ошибка прогноза должна быть небольшой, а для товаров с непредсказуемым спросом - инновационных товаров - может быть значительно выше. Средний за период производства предел ошибки прогнозирования для первой группы отмечен на уровне 10%, для второй группы - от 40 до 100%.

При прогнозировании можно столкнуться с несколькими проблемами. Первая группа проблем разработки прогнозов связана с исходными данными. Возникают вопросы о том, на основе каких данных строить прогнозы, как их сгруппировать (по месяцам, неделям, дням), каково их достаточное количество, как «увидеть» в них наличие тенденции, сезонности, каков должен быть уровень агрегирования (объединения) данных и т.п. На все эти вопросы однозначно ответить сложно. Если речь идет о прогнозе независимого спроса, то исходными данными являются сведения о заказах потребителей. Часто многие организации совершают ошибку, учитывая при составлении прогнозов данные, указанные в накладных и других документах, т.е. не учитывают невыполненные заказы. Если учесть реальный спрос, то в долгосрочной перспективе удастся избежать невыполненных заказов, и через какое-то время прогнозы станут более точными. При прогнозировании расхода материальных ресурсов можно в качестве исходных данных использовать как данные о требованиях, так и данные об имеющихся остатках. Ценность прогнозов повышается, если модели прогнозирования достаточно быстро адаптируются к появлению новых данных. Так, если мы сделаем прогноз спроса на месяц на основе данных, сгруппированных по месяцам, то в течение этого периода мы не будем способны включить оперативные данные о

реальных продажах. Если данные сгруппированы по неделям, то по окончании каждой недели можно адаптировать модель или полностью ее изменить, что даст нам возможность реагировать на изменения в спросе. Часто возникает необходимость группировки данных о спросе, расходе и по дням недели.

Адаптивные возможности моделей прогнозирования, построенных на таких данных, будут значительно выше. Таким образом, проблема группировки данных связана с повышением эффективности управления: наилучшие решения принимаются на основе синтеза ретроспективной информации, прогнозных оценок и оперативных данных, вовремя включенных в модели принятия решений. Что касается агрегирования данных, то прогнозы, выполненные на более высоком уровне агрегирования, в среднем точнее прогнозов с более низким уровнем агрегирования. Сравните прогноз продаж, например, макаронных изделий в одном гипермаркете и во всех магазинах, расположенных в крупном городе. Колебания спроса в отдельных магазинах на более высоком уровне агрегирования, как правило, погашают друг друга. Решение о том, на каком уровне агрегирования выполнить прогноз, представляет собой компромисс между повышенной степенью точности, достигаемой на более высоком уровне, и снижением точности, получаемой на более низком, т.е. необходимо выбрать какой-то промежуточный вариант, например из тех, что показаны на рисунке 1. Большинство специалистов по управлению цепями поставок рекомендуют организациям не заниматься прогнозированием на низких уровнях в разных их точках, а выбрать необходимый уровень агрегирования. [2]



Рис. 1 - Варианты агрегирования данных для прогнозирования
Fig. 1 - Options for aggregating data for forecasting

Прогнозирование на низких уровнях агрегирования является «опасным» явлением. Эта проблема связана с появлением эффекта кнута (хлыста), или эффекта Форрестера,

который приводит к тому, что небольшие изменения спроса конечных потребителей при обратном прохождении по цепи поставок усиливаются и искажаются (рис. 2).

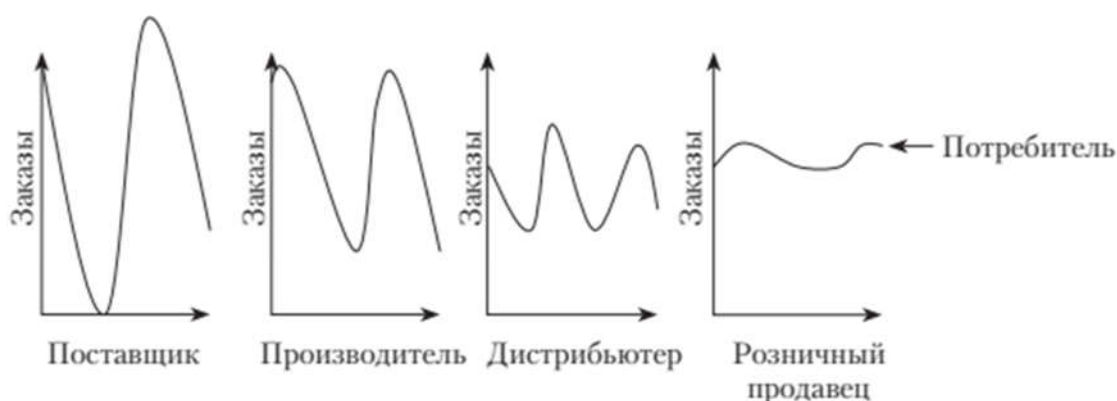


Рис. 2 - Эффект Форрестера
Fig 2 - The Forrester effect

Эффект Форрестера (эффект кнута) является одной из причин появления скрытых издержек в цепи поставок. Его влияние особенно велико в ситуации, когда участники цепи поставок действуют независимо друг от друга и с минимальным обменом информацией. Другими словами, его влияние может быть снижено путем обмена данными в цепи поставок, и чем полнее и достовернее предоставляется информация партнерами по цепи, тем точнее прогнозы.

Вторая группа проблем заключается в выборе метода прогнозирования. Традиционная классификация видов

прогнозов не позволяет разграничить области их применения в логистической деятельности, особенно в управлении запасами, где важны не краткосрочные прогнозы в пределах года (тем более не среднесрочные и долгосрочные), а прогнозы на один или несколько периодов, которые по продолжительности во много раз меньше горизонта краткосрочного прогнозирования социально-экономических процессов: на квартал, месяц, неделю, день. [3]

Поэтому в управлении запасами более целесообразно выбирать методы прогнозирования в зависимости от

возможности получить прогноз на один или несколько периодов, а также адаптировать модель прогноза к появлению новых данных. Так, методы, позволяющие выполнить прогноз только на один период - это простое экспоненциальное и арифметическое сглаживания. Прогноз на один и несколько периодов может быть выполнен с помощью трендовых моделей, экспоненциального сглаживания с двумя и тремя (при наличии сезонности) параметрами. При этом важно помнить о

необходимости соблюдения следующего правила: отношение продолжительности предпрогнозного периода и периода прогнозирования должно быть не меньше, чем 3 : 1. Также необходимо соотнести имеющееся количество и вид данных с требованиями к минимальному количеству исходных данных, на основе которых можно сделать прогноз тем или иным методом.

Рекомендуемое минимальное количество данных для разных методов прогнозирования приведено в таблице 1.[2]

Таблица 1 - Общие рекомендации по выбору метода прогнозирования
Table 1 - General recommendations for choosing a forecasting method

Метод прогнозирования	Наличие тренда	Наличие сезонности	Требования к минимальному количеству данных		Количество периодов прогноза	
			несезонные	сезонные	один	несколько
Экспертный	Необязательно	Необязательно	0	0	Да	Да
Наивный	Да/нет	Да/нет	1	-*	Да	Нет
Экспоненциальное сглаживание (простое)	Нет	Нет	2	-	Да	Нет
Арифметическое сглаживание	Нет	Нет	4	-	Да	Нет
Метод Хольта	Да	Нет	3	-	Да	Нет
			10	-	Да	Да
Метод экспоненциальных средних (метод Брауна)	Да	Нет	3	-	Да	Да**
Экстраполяция тренда	Да	Нет	3	-	Да	Да**
	Да	Да	-	$1 \cdot \tau^{**}$	Да	Да**
Метод Винтерса	Да	Да	-	$2 \cdot \tau$	Да****	
Комбинированный прогноз (оценка среднего значения)	Да/нет	Да/нет	1	-	Да	Нет
Комбинированный прогноз (оценка среднего значения отклонения)	Да/нет	Да/нет	3	-	Да	Нет

* «—» - метод не используется.

** Прогноз на несколько шагов возможен при соблюдении соотношения длины предпрогнозного периода и периода прогнозирования 3 : 1.

*** τ - периодичность сезонности.

**** Прогноз на один период, содержащий сезонность (например, на 1 год поквартально).

Помимо требований, указанных в таблице 1, необходимо учитывать особенности применения методов прогнозирования. Так, простое экспоненциальное сглаживание нельзя применять, если динамический ряд содержит тенденцию. Если наблюдается тенденция роста, то прогноз, полученный с помощью простого экспоненциального сглаживания, всегда окажется заниженным. А если содержится ниспадающая тенденция, то прогноз, полученный данным методом, всегда будет завышенным. Следует помнить, что часто простые методы позволяют получить более высокие результаты, чем более сложные,

особенно в краткосрочном прогнозировании. [4] Поэтому, прежде всего, следует сосредоточиться на «правильной» информации и ее интеграции, а не на усложнении процедуры прогнозирования. Наиболее часто в управлении запасами используются методы прогнозирования, основанные на анализе временных рядов. Они имеют разную сложность. Так, например, если все имеющиеся данные существенны и имеют равную ценность для прогноза, можно найти среднее всех значений динамического ряда — это и будет являться прогнозом на один шаг.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лукинский, В.С. Управление запасами в цепях поставок в 2 ч. Часть 2: Учебник и практикум. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 307. – (Бакалавр и магистр. Академический курс).
- [2] Фишер М. Какая цепочка поставок оптимальна для вашего товара // Построение цепочки создания стоимости. -М.: Альпина Бизнес Букс, 2007.
- [3] Управление цепями поставок. Справочник издательства Gower / под ред. Дж. Гаторны. - М.: ИНФРА М, 2008.
- [4] Казангапова Б.А., Ержан А.А. Исследование простейшей модели оптимального размера заказа. Высшая школа Казахстана. Международное научно-педагогическое издание 4/2019. 64-68

REFERENCES

- [1] Lukinskiy, V.S. *Upravleniye zapasami v tsepyakh postavok v 2 ch. Chast' 2: Uchebnik i praktikum* [in Russian: Inventory management in the supply chain in 2 hours. Part 2: Textbook and workshop] . – М.: Izdatel'stvo Yurayt, 2017. – 307. – (Bakalavr i magistr. Akademicheskii kurs).
- [2] Fisher M. *Kakaya tsepochka postavok optimal'na dlya vashego tovara // Postroyeniye tsepochki sozdaniya stoimosti* [in Russian: Fisher M. Which supply chain is optimal for your product // Building a value chain]. М.: Al'pina Biznes Buks, 2007.
- [3] *Upravleniye tsepyami postavok. Spravochnik izdatel'stva Gower* [in Russian: Supply chain management. Gower Handbook]. / pod red. Dzh. Gatorny. М.: INFRA M, 2008.
- [4] Kazangapova B.A., Yerzhan A.A. *Issledovaniye prosteyshy modeli optimal'nogo razmera zakaza* [in Russian: Study of the simplest model of optimal order size.] Higher school of Kazakhstan. International scientific and pedagogical publication 4/2019. 64-68

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАПАСОВ

Казангапова Баян Алькеновна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kbayana@mail.ru

Ержан Анель Ардакқызы магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, anel.erzhan.95@mail.ru

Иванов Андрей Александрович к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ҚОРЛАРДЫҢ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ ҮШІН БОЛЖАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

Казангапова Баян Алькеновна, т.ғ.к, доцент, М. Тынышбаев атындағы қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, kbayana@mail.ru

Ержан Анель Ардакқызы, магистр М. Тынышбаев атындағы қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан anel.erzhan.95@mail.ru

Иванов Андрей Александрович, т.ғ.к, доцент, М. Тынышбаев атындағы қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан.

Аңдатпа. Тұтыну нарықтарында бәсекелестіктің шиеленісуі жағдайында сауда кәсіпорындарының тұрақтылығы тауарлар мен қызметтерге тұтынушылық сұранысты барынша қанағаттандыруға, сондай-ақ сауда шығындарының барлық түрлерін азайтуға бағытталған стратегияларды іске асыру барысында қамтамасыз етіледі. Шикізат, жартылай фабрикаттар және дайын өнімдер қоймалары кез келген өндірістік кәсіпорынның маңызды элементтерінің бірі болып табылады, ал қойманы басқару міндеті - қорларды басқарудың классикалық міндеті және басқару теориясы мен өнеркәсіптік логистиканы зерттеудің орталық объектісі болып табылады. Қорларды басқарудың маңызды ерекшелігі сұраныс, жеткізу, тапсырыс берілген тауарлардың уақытша кідіруі, өнімнің бүлінуі және логистикалық жүйенің басқа да параметрлері туралы ақпараттың дәлсіздігіне немесе толық еместігіне байланысты белгісіздік болып табылады, бұл осындай белгісіздік жағдайында қорларды басқарудың тиімді тетігін іздестіруді талап етеді.

Әзірленген математикалық модельдерді талдау олардың қорларды басқару есебінің әр түрі үшін көптеген факторлар мен ерекшеліктердің әртүрлілігін ескеруге мүмкіндік беретінін көрсетті. Алайда, бұл әртүрлілік осы кезге дейін әрбір нақты өндіріс үшін оның ерекшеліктерін ескеретін және осы өндірістің нақты міндеттеріне бейімделген арнайы модельдерді әзірлеуге тура келді.

Мақалада қорларды басқару теориясында болжаудың математикалық әдістерін қолдану мәселелері қарастырылады. Болжамдау әдісін таңдау бойынша жалпы ұсыныстар берілді және нақты міндеттер үшін болжауды пайдалану кезінде кездесетін проблемалар сипатталған, сондай-ақ болжам жасауға ұсынылатын әртүрлі жағдайлар (болжаудың математикалық әдістерін қолдану) қарастырылған.

Түйін сөздер: болжау, тапсырыс көлемі, сұраныс, шығындар

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.306-316

DEVELOPMENT OF AN INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM FOR THE TRANSPORT PROBLEM, USING FUZZY NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

Bayan Kazangapova, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, kbayana@mail.ru

YEskenDir Socialov, master's student, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, esya_kz94@mail.ru

Assel Nurgulzhanova, Associate Professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, nurgulzhanova@mail.ru.

Abstract. In the modern world, the development of human civilization would have been simply impossible without modern freight transport, carrying out the transport of goods over virtually unlimited distances. Transportation is an important factor in the development of the country's economy and ensuring its foreign economic relations.

Numerous studies have proved that the less transport products measured in tonkilometers will be carried out, the better for the national economy of our country. This is due to the fact that the reduction in transport work is accompanied by a decrease in transport costs and a decrease in the need for vehicles. Therefore, transportation of goods should be carried out as short as possible (optimal) distances for all sectors of the economy.

One of the optimization tasks is the transportation problem. It is solved when drawing up the most rational transportation of goods. In such cases, it is necessary to determine a transportation plan in which the cost of the latter would be minimal. This problem is a special case of the linear programming problem and can be solved by such methods as the potential method, the simplex method, the Hungarian method.

An expert assessment of the significance of various factors shows that when choosing a transport, first of all, the following are taken into account: reliability of adherence to the delivery schedule, delivery time, transportation cost.

In this regard, a method for modeling a weakly formalized process is proposed taking into account not only quantitative estimates, but also qualitative, vaguely defined, not formalizable criteria and the relationships between them. A model is developed for the subsequent study of this process, predicting

its behavior, optimizing functioning. The method is based on fuzzy neural network technology. The method of process optimization using factor analysis is shown.

The model can be used to monitor and diagnose corporate decisions in dynamic mode, as it allows you to simulate real events and processes, predict and prevent critical situations.

Keywords: intelligent control information systems, information system, modeling, neural network technologies, fuzzy logic

УДК 625.1 (075.8)81.93.29

Б.А. Казангапова¹, Е.К. Социалов¹, А.Н. Нургулжанова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникации им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В современном мире развитие человеческой цивилизации было бы просто невозможно без современного грузового транспорта, осуществляющего перевозку грузов на практически неограниченные расстояния. Перевозки являются важным фактором развития экономики страны и обеспечения ее внешнеэкономических связей.

Многочисленными исследованиями доказано, что, чем меньше будет выполняться транспортной продукции, измеряемой в тонно-километрах, тем лучше для народного хозяйства нашей страны. Это связано с тем, что сокращение транспортной работы сопровождается снижением транспортных затрат и уменьшением потребности в транспортных средствах. Поэтому перевозки грузов должны осуществляться по возможности на короткие (оптимальные) расстояния для всех отраслей народного хозяйства.

Одной из задач оптимизации является транспортная задача. Её решают при составлении наиболее рациональных перевозок грузов. В таких случаях требуется определить план перевозок, при котором стоимость последних была бы минимальна. Эта задача является частным случаем задачи линейного программирования и может быть решена такими методами как метод потенциалов, симплекс метод, венгерский метод.

Экспертная оценка значимости различных факторов показывает, что при выборе транспорта, в первую очередь, принимают во внимание следующие: надежность соблюдения графика доставки, время доставки, стоимость перевозки.

В связи с этим, предложен метод моделирования слабоформализованного процесса с учетом не только количественных оценок, но и качественных, нечетко заданных, не поддающихся формализации критериев и связей между ними. Модель разрабатывается для последующего исследования этого процесса, прогнозирования его поведения, оптимизации функционирования. Метод базируется на технологии нечетких нейронных сетей. Показан метод оптимизации процесса с использованием факторного анализа.

Модель может быть использована для мониторинга и диагностики управленческих решений в динамическом режиме, так как позволяет моделировать реальные события и процессы, прогнозировать и предупреждать критические ситуации.

Ключевые слова: интеллектуальные информационные системы управления, информационная система, моделирование, нейросетевые технологии, нечеткая логика.

Транспортировка грузов – одна из важных отраслей народного хозяйства страны. Это связано с объективной необходимостью перемещения грузов от

места производства к месту потребления. Полное и современное удовлетворение народного хозяйства и населения в перевозках, ускорение доставки грузов

являются главными задачами грузового транспорта [1].

Развитие транспортных перевозок является одним из самых приоритетных направлений, так как её значимость на сегодняшний день огромна. В частности, от транспортных перевозок в основном зависит своевременная доставка товаров, грузов на различные предприятия. Если рассмотреть жизнедеятельность человека, то буквально каждый в какой-то период своей жизни был связан с задачей перевозки грузов.

Следующие факторы являются основными при выборе вида транспорта, оптимального для конкретной перевозки:

- время доставки;
- стоимость перевозки.
- надежность соблюдения графика доставки;
- способность доставки груза в любую точку территории;
- частота отправлений груза;
- способность перевозить разные грузы;

Для того, чтобы построить логистическую схему движения товаров от производителя к потребителю, требуется организация последовательного эксплуатации транспортных средств, доставки согласно взаимодействия их технических и качественных характеристик: грузоподъемность оборудования, грузоперевозимость транспортных средств и оборудования. Для планирования перевозочного процесса необходимо сопоставлять удельную грузместимость выбираемого транспортного средства с удельным погрузочным объемом груза.

Информация об особенностях различных видов транспорта является основой выбора вида транспорта [2].

Автомобильный транспорт имеет свои особенности: с необходимой степенью продолжительности эффективная маневренность позволяет спланировать перевозку, может обеспечить системность поставки, сравнительно с другими видами транспорта предъявлены нестрогие

требования к упаковке груза. Скорость автомобильной доставки, если недалекие расстояния, выше, чем на железнодорожном транспорте или водном транспорте, а себестоимость такой доставки намного меньше. На дальние расстояния преимущество автомобильных перевозок не имеет смысла по причине высокой себестоимости перевозок.

Железнодорожные перевозки отличаются хорошей приспособленностью при любых погодных условиях, для перевозки различных видов и партий грузов. Они дают возможность транспортировки грузов на огромные расстояния с постоянной регулярностью перевозок. Также можно хорошо организовать выполнение погрузо-разгрузочных работ. Сравнительно невысокая себестоимость транспортировки грузов является большим преимуществом железнодорожного транспорта.

Авиационные грузоперевозки. Нередко этот тип грузовых перевозок применяется тогда, когда нужно за краткий срок доставить груз на дальние расстояния. Однако и в авиационной грузоперевозке имеются преимущества и недостатки. Высокая скорость доставки, большой охват территории использования и максимальная безопасность груза являются основными преимуществами. К недостаткам можно отнести довольно высокую стоимость грузоперевозки, подчинение климатическим условиям и ограниченность по типам грузов.

Судна морского и внутреннего водного транспорта относятся к транспортным средствам водного транспорта. Самым крупным перевозчиком в международных перевозках является морской транспорт. Основные преимущества морского транспорта — это высокая провозная способность и низкие грузовые тарифы. Недостатками этого вида транспорта являются невысокая скорость, жесткие требования к упаковкам и креплению грузов, малая периодичность отправок. Низкими грузовыми тарифами характеризуется и внутренний водный

транспорт. Недостатком еще является низкая доступность в плане географии.

Для того, чтобы не усложнять нейронную сеть и не увеличивать время расчетов, нужно выбрать один определенный вид груза из пункта отправления в пункт назначения различными способами транспортировки, используя водный путь, и соответственно различными видами транспорта на суше.

Необходимо далее определить оценивающие и влияющие на процесс перевозки факторы, а также определить взаимосвязь между ними. Заранее не всегда является возможным определить количество влияющих факторов и не все они явные. Для этого выделяют определенный набор критериев, который может дополняться в процессе совершенствования модели, и не влиять на саму систему, качественно улучшая «картину» объекта исследования.

Далее формируются правила нечетких продукций IF-THEN взаимодействия сформированных факторов. Составляются выборки для

обучении нечеткой нейронной сети. В вычислительной среде MatLab (применялась архитектура гибридной нейронной сети ANFIS с логическим выводом Сугено) строится имитационная модель транспортно-логистического процесса. На тестовых выборках из реальных данных проверяется работа модели и сравниваются результаты с помощью известных математических методов. [3].

Основываясь на знаниях экспертов, администрация транспортно-логистического комплекса, которая занимается международными перевозками грузов, определяет различные варианты перевозок и их основные операции:

1. На складе поставщика груз формируется в контейнеры FESCO, далее следует морская перевозка, а затем выгрузка на открытую площадку торгового порта г. Актау и потом груз перевозится железнодорожным транспортом до склада получателя, как показано на рисунке 1.

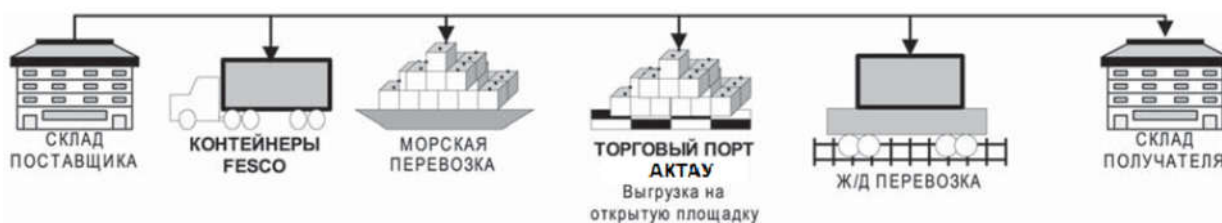


Рис. 1 - Первый вариант перевозки
Fig. 1 - The first option of transportation

2. Груз формируется в контейнеры SINOKOR на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка на открытую площадку рыбного порта г. Актау – ж/д перевозка до склада получателя (рис.2).

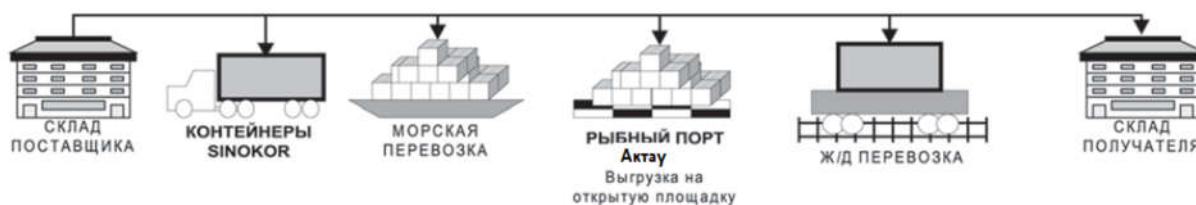


Рис. 2 - Второй вариант перевозки
Fig. 2 - The second option of transportation

3. Груз формируется навалкой по 3 тыс. т на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка на открытую

площадку торгового порта г. Актау – ж/д перевозка до склада получателя (рис.3).



Рис. 3 - Третий вариант перевозки
Fig. 3. Third transportation option

4. Груз формируется навалкой по 3 тыс. т на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка на открытую

площадку рыбного порта г. Актау – ж/д перевозка до склада получателя (рис.4).



Рис. 4- Четвертый вариант перевозки
Fig. 4- The fourth option of transportation

5. Груз формируется в контейнеры FESCO на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка на открытую площадку торгового порта г.

Актау – автоперевозка – выгрузка на складе (г. Актау) - ж/д перевозка до склада получателя (рис.5).

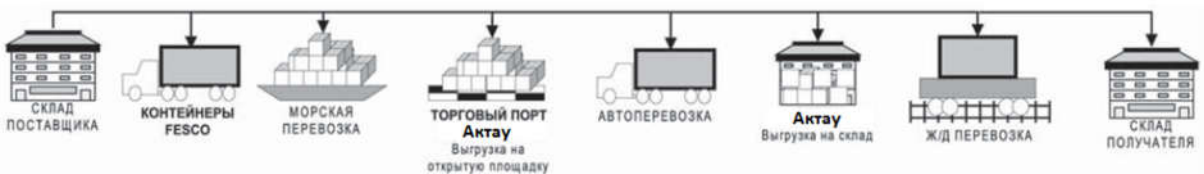


Рис. 5- Пятый вариант перевозки
Fig. 5 - Fifth transportation option

6. Груз формируется в контейнеры SINOKOR на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка на открытую площадку торгового

порта г. Актау – автоперевозка – выгрузка на складе (г. Актау) - ж/д перевозка до склада получателя (рис.6).

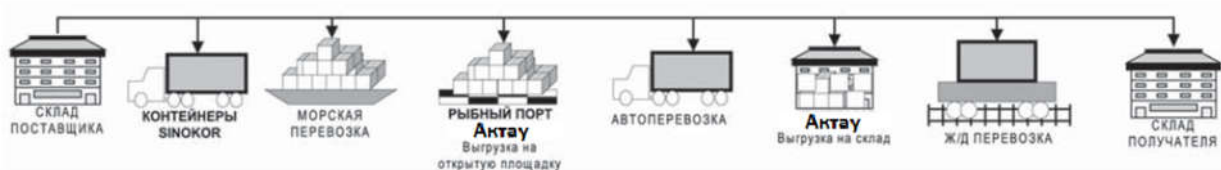


Рис. 6 - Шестой вариант перевозки
Fig. 6 - The sixth option of transportation

7. Груз формируется в порту г. Актау - ж/д перевозка до склада получателя (рис.7).
контейнеры FESCO на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка в рыбном

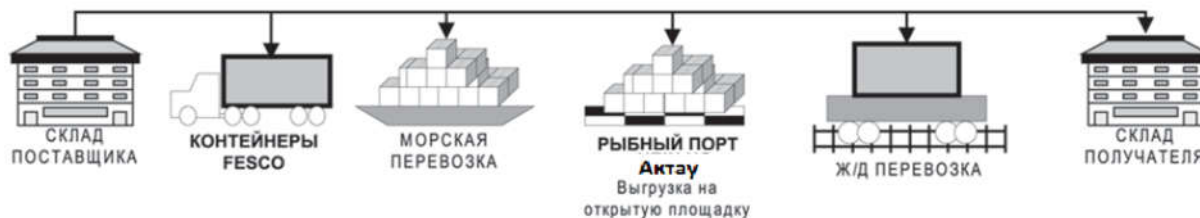


Рис. 7 - Седьмой вариант перевозки
Fig. 7 - Seventh option of transportation

8. Груз формируется в порту г. Актау - ж/д перевозка до склада получателя (рис.8).
контейнеры FESCO на складе поставщика – морская перевозка – выгрузка в рыбном

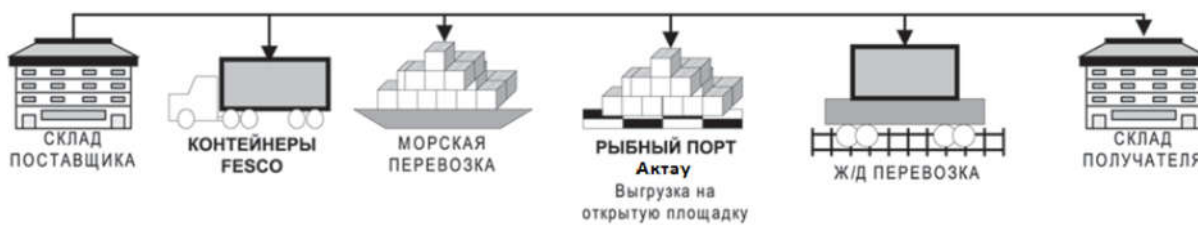


Рис. 8 - Восьмой вариант перевозки
Fig. 8 - The eighth option of transportation

Для того, чтобы описать элементы нечеткой нейронной системы в построении математической модели, используются такие понятия как нечеткое множество, лингвистическая переменная и строятся функции принадлежности нечетких множеств. Влияющие на процесс транспортировки факторы, определяются качественной оценкой. Таким образом, лингвистическая переменная «отлично» на входе сети будет ограничена оценкой от 9 до 10, а лингвистическая переменная «хорошо» будет ограничена от 7 до 8 и т.д.

Для того, чтобы построить обучающие выборки, составляются правила нечетких продукций IF-THEN. И еще учитывается значимость и взаимосвязь факторов относительно друг друга в

каждом процессе-блоке. Эффективность конкретного процесса определяет каждый слой на выходе, и это не обязательно только стоимость самого процесса, но и также может быть качество товара на выходе данного слоя (например, потеря была ли при автомобильной перевозке) или время процесса, которое может влиять на скорость перевозки, что должно отражаться на рентабельности поставки товара. Нейронная сеть в процессе обучения сможет откорректировать заданные изначально приоритеты, построит графики функций принадлежности, а также возможные ошибки экспертов поправит весами, как продемонстрировано на рисунке 9.

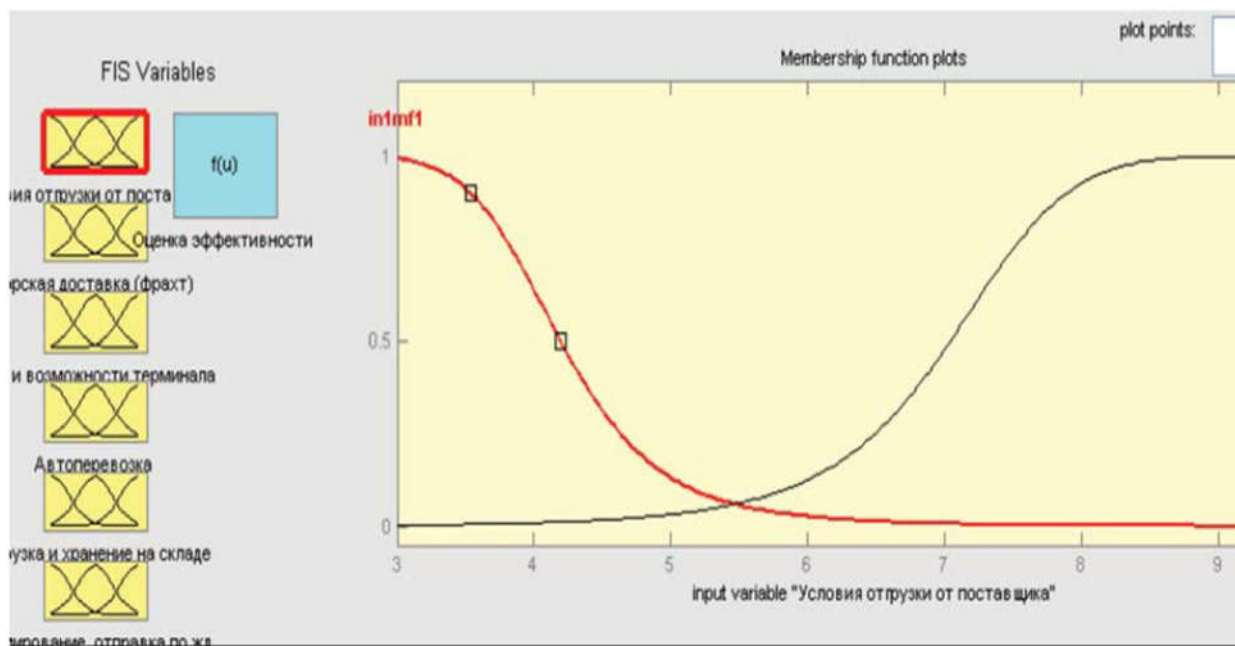


Рис. 9 - График настройки параметров функции принадлежности с помощью графических средств системы MatLab

Fig. 9 - Schedule for setting the parameters of the membership function using the graphical tools of the MatLab system

На рисунке 10 представлена нечеткая нейросетевая модель ИСУ транспортного процесса. На первом блоке представлена система «Условия отгрузки от поставщика». По мнению экспертов, наиболее выгодными условиями отгрузки от поставщика являются погрузка в контейнер (например, 20 контейнеров по 25 т каждый), что соответствует заданным вариантам перевозок 1,2,5-10, а наиболее худшими условиями является навалка (2000-3000 т), это варианты есть 2 и 3.

«Срок готовности груза к погрузке» и «Порча, убытки» являются основными факторами, которые влияют на оценку эффективности по поставке груза. Они являются на данном слое нейронной сети равнозначными. «Оценка эффективности отгрузки» будет выходом данного блока транспортного процесса.

Следующий блок есть «Морская доставка или фрахт». На рисунке 10 указаны факторы, которые влияют на эффективность процесса каждого блока, в убывающем порядке значимости.

Очень сложные взаимосвязи представлены в этом блоке. Например, при

перевозке груза контейнерами значения факторов 1-4 будут выше, чем в случае перевозки с помощью навалки. А другой стороны, факторы, значение которых 3 и 5 не только зависят от способа перевозки, но и взаимосвязаны.

По мнению экспертов, морская перевозка контейнерами наиболее эффективнее, чем перевозка навалкой, потому что снижается риск порчи товара, затем подготовка груза к отправке проходит быстрее и фрахт осуществить намного проще.

Важным в третьем блоке «Порт и возможности терминала» будет мнение экспертов, а именно в определении значений факторов. Эксперты придерживаются мнения, что порт использовать намного эффективнее, потому что он обладает большей мощностью и свободными местами для выгрузки груза и меньшей стоимостью его обработки. Груз, который доставлен в порт контейнерами, намного эффективнее обработать, чем навалку.

Четвертый блок под названием «Автоперевозка». Так как в вариантах

перевозок с 1-го по 4-й блок-процесс автоперевозки отсутствует, поэтому значение входящих и выходящего факторов равны максимальному значению 10.

По мнению экспертов, в других вариантах, выявляются связи: если автоперевозка осуществляется в Актау, то она дешевле и срок ожидания вывоза короче, потому что возможности выбора перевозчика больше, чем в 5 и 6.

Пятый блок называется «Выгрузка и хранение на складе».

Процесс выгрузки и хранение на складе в вариантах перевозок 1 и 2 отсутствует, так как значения входящих и выходящих факторов равны максимальному значению 10.

На опыт экспертов надо полагаться в остальных вариантах: склад в городе Актау лучше, чем в 7 и 8, так как имеет больше мощностей по обработке и месту для хранения, а также в случае порчи груза в Актау возмещают убытки.

Шестой блок – «Формирование груза, отправка по ж/д».

По мнению экспертов, себестоимость транспортировки в простом вагоне намного дешевле, чем платформой для контейнеров, но, с другой стороны, в вагоне существует большой риск порчи потери и груза. Эксперты рекомендуют, что транспортировать груз со своего склада удобнее и быстрее, чем с портового склада, подать железнодорожный состав к порту намного проблематичнее.

Из шести блоков-модулей состоит нечеткая нейросетевая модель, каждый из блоков реализовывает (нечеткой нейронной сетью) один блок соответственно из схем 1-8, представленных ранее. И седьмой модуль модели является аккумуляцией всех

предыдущих модулей, входными данными нечеткой нейронной сети которого являются выходы модулей с 1-го по 6-й. В каждом отдельном модуле выделяется определенное количество факторов, которые влияют на эффективность как отдельного процесса-блока, так и всей перевозки в целом, как показано на рисунке 10. На мнение и опыт экспертов надо полагаться для того, чтобы определить количества и величины каждого фактора и их значимости в каждом модуле [4].

На обучающих выборках всех 7 схем перевозок, производилось обучение за исключением 6 тестовой сети. Высокую точность моделирования показало тестирование.

В статье приведен один из методов моделирования плохо формализованного процесса – транспортно-логистический процесс – с использованием нечетких нейросетевых технологий. Может быть увеличена модульная архитектура, построенной нечеткой нейросетевой модели транспортно-логистического процесса, при помощи встраивания дополнительных модулей. Таким образом, можно будет расширить информационную систему управления, увеличить ее возможности за счет детализации имитируемого процесса. Набор влияющих на транспортно-логистический процесс факторов в каждом модуле может дополняться в процессе совершенствования нечеткой нейросетевой модели, не влияя на саму систему (метод решения), зато качественно улучшая «портрет» объекта исследования (изучения) – информационную систему управления транспортно-логистическим процессом.

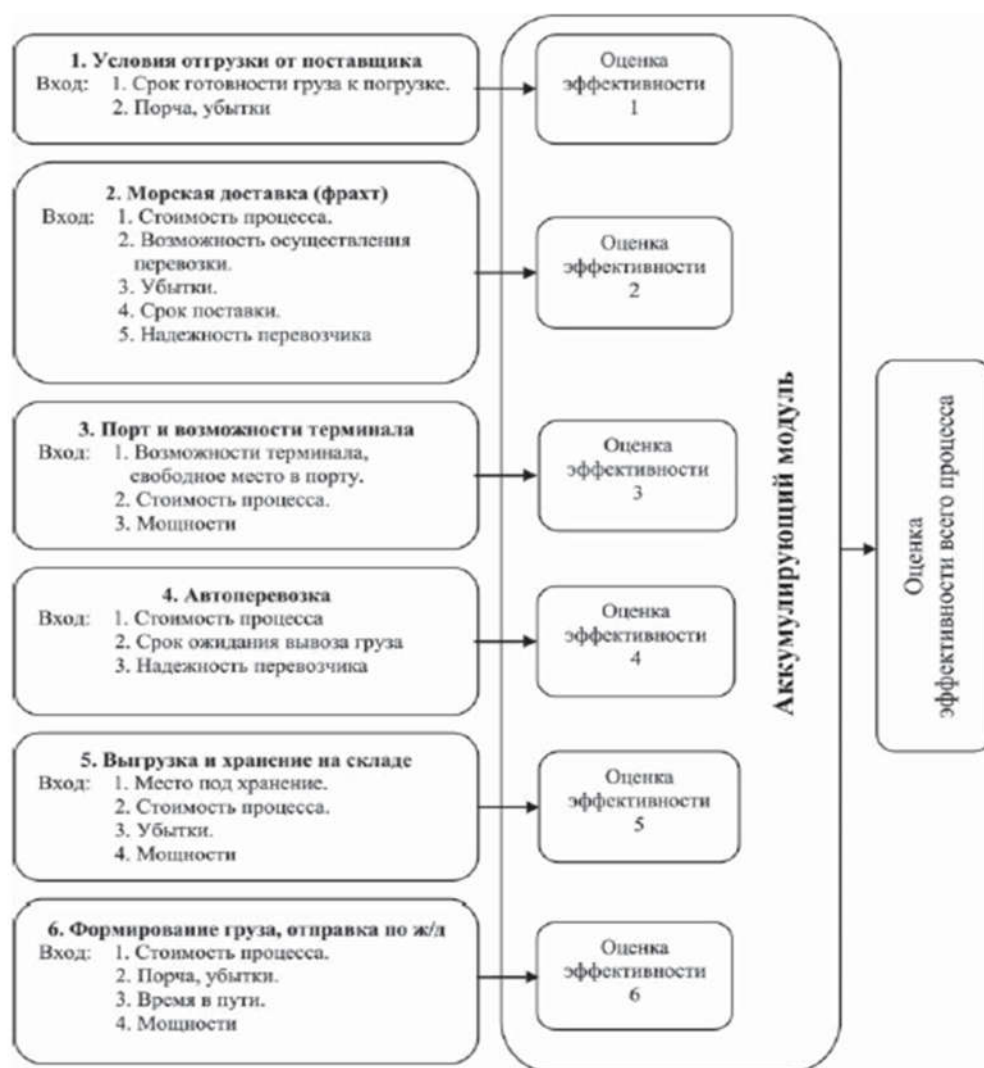


Рис. 10 - Нечеткая нейросетевая модель ИСУ транспортного процесса
Fig. 10 - Fuzzy neural network model of the ISU of the transport process

Таким образом, сформулирована имитационная модель транспортно-логистического процесса, прогнозирования его поведения, оптимизации функционирования для анализа различных ситуаций и поведения взаимодействующих элементов. Модель может быть

использована для мониторинга и диагностики управленческих решений в динамическом режиме, так как позволяет моделировать реальные события и процессы, прогнозировать и предупреждать критические ситуации [5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Эволюция портов и экспедиторской деятельности – основа транспортной логистики/ А. Л. Степанов.–2007 . –№4(50). –С.6–9.
- [2] Круглов В.В., Длин М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. –М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2002. –256 с.
- [3] Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLab. –М.: Горячая линия-Телеком, 2007. –288 с.
- [4] Москаленко М.А., Друзь И.Б., Москаленко А.Д. Устройство и оборудование транспортных средств. –2-е изд. –СПб.: Лань, 2013. –235 с.

- [5] Казангапова Б. А., Социалов Е. Қ. Исследование и разработка интеллектуальной информационной системы для транспортной задачи. Высшая школа Казахстана Международное научно-педагогическое издание 4/2019, 304-308.

REFERENCES

- [1] Evolyutsiya portov i ekspeditorskoy deyatelnosti - osnova transportnoy logistiki [in Russian: The evolution of ports and forwarding activities - the basis of transport logistics]. A.A. L. Stepanov. – 2007. -№4 (50). -S.6-9.
- [2] Intellektual'nyye informatsionnyye sistemy: komp'yuternaya podderzhka sistem nechetkoy logiki i nechetkogo vyvoda[in Russian: Intelligent information systems: computer support for fuzzy logic and fuzzy inference systems]. V.V. Kruglov, M. I. Dli. –M .: Publishing House fiz.-mat. lit., 2002. –256 s.
- [3] Proyektirovaniye nechetkikh sistem sredstvami MatLab [in Russian: Designing fuzzy systems using MatLab]. S. D. Shtovb. –M .: Goryachaya liniya-Telekom, 2007. –288 s.
- [4] Ustroystvo i oborudovaniye transportnykh sredstv [in Russian: The device and equipment of vehicles]. A. Moskalenko, I. B. Druz', A. D. Moskalenko. –2-ye izd. –SPb .: Lan', 2013. –235 s.
- [5] Issledovaniye i razrabotka intellektual'noy sistemy dlya transportnoy zadachi [in Russian: Research and development of an intelligent information system for the transport task]. Kazangapova B. A., Sotsialov Ye. K., Higher school of Kazakhstan. International scientific and pedagogical publication 4/2019, 304-308.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Казангапова Баян Алькеновна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kbayana@mail.ru

Социалов Ескендір Қанатұлы, магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, esya_kz94@mail.ru

Нургулжанова Асель Нургулжановна, к.т.н., ассоциированный профессор КазАТК, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, nurgulzhanova@mail.ru

АНЫҚ ЕМЕС НЕЙРОЖЕЛІЛІК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ КӨЛІКТІК ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУГЕ АРНАЛҒАН ЗИЯТКЕРЛІК АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІ ӨЗІРЛЕУ

Казангапова Баян Алькеновна, т.ғ.к, доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, kbayana@mail.ru

Социалов Ескендір Қанатұлы, магистрант, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы. Алматы қ., Қазақстан, esya_kz94@mail.ru

Нургулжанова Асель Нургулжановна, т.ғ.к, қауімдастырылған профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, nurgulzhanova@mail.ru

Андатпа. Қазіргі әлемде адам өркениетін дамыту іс жүзінде шексіз қашықтықтарға жүктерді тасымалдауды жүзеге асыратын қазіргі заманғы жүк көліктерінсіз мүмкін болмас еді. Тасымалдар ел экономикасын дамытудың және оның сыртқы экономикалық байланыстарын қамтамасыз етудің маңызды факторы болып табылады.

Көптеген зерттеулер тонна-километрмен өлшенген көлік өнімі аз болған сайын, еліміздің ұлттық экономикасы үшін соғұрлым жақсы болатындығын дәлелдеді. Бұл көлік жұмысының қысқаруы көлік шығындарының төмендеуімен және көлік құралдарына қажеттіліктің төмендеуімен қатар жүретіндігіне байланысты болып отыр. Сондықтан жүктерді тасымалдау экономиканың барлық салалары үшін мүмкіндігінше қысқа (оңтайлы) қашықтықта жүргізілуі керек.

Осындай оңтайландыру міндеттерінің бірі – көліктік есептер болып табылады. Бұл тауарларды неғұрлым ұтымды тасымалдауды құру үшін қолданылады. Мұндай жағдайларда, тасымалдау құны ең аз болатын тасымалдау жоспарын анықтауымыз қажет. Бұл проблема

сызықтық бағдарламалаудың ерекше жағдайы болып табылады және оны ықтимал әдіс, симплекс әдісі, венгр әдісі сияқты әдістермен шешуге болады.

Түйін сөздер: басқарудың зияткерлік ақпараттық жүйелері, ақпараттық жүйе, моделдеу, нейрожелілік технологиялар, анық емес логика.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.316-320

INVESTIGATION OF CONVOLUTIONAL DATA CODING FOR ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ERROR-CORRECTING CODING

Murad Saidahmetov, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaeva, Almaty, Kazakhstan, msaidahmet@mail.ru

Nurgamal Ospanova, doctor Ph D, assistant professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaeva, Almaty, Kazakhstan, ospanova_n@mail.ru

Kassymkhan Balabatyrrov, undergraduate, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaeva, Almaty, Kazakhstan, kasymski@gmail.com

Abstract. The article explores the problems of data transmission over wireless channels. Methods of dealing with data transmission problems, designed to reduce the likelihood of errors when receiving, are investigated. The differences between the types of error-correcting coding are considered, their comparative analysis is carried out, as a result of which the disadvantages of coding are determined. The types of error-correcting coding aimed at eliminating errors in the transmission of information are given. The method and example of convolutional coding of data during transmission. The logical device used to encode the input data sequence is investigated, the principle of operation is described. The analysis of error-correcting coding is made and conclusions are made about the coding efficiency.

An encoder is a logical device with a certain number of states. The encoder has a memory cell, from which we can conclude that the output information depends both on the incoming sequence and on the characters in the encoder memory. The properties of an encoder are determined by such characteristics as code speed, encoder memory, and code restriction. The convolutional encoder can be defined by a diagram. The vertices of this diagram are the possible states of the encoder, and the arrows show the transitions between the states. By expanding the state diagram over time, you can build a trellis diagram. Thanks to the trellis diagram, it is possible to determine the state of the encoder at a certain point in time. Each time interval in the trellis diagram corresponds to a specific measure.

Keywords: coding, code, convolutional coding, error-correcting coding, encoder, state diagram, input sequence, data transmission, wireless channel.

УДК 621.391

М.А. Сайдахметов¹, Н.А. Оспанова¹, К.А. Балабатыров¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье исследуются проблемы передачи данных по беспроводным каналам. Исследованы способы борьбы с проблемами передачи данных, предназначенные для уменьшения вероятности наличия ошибки при получении. Рассмотрены различия между видами помехоустойчивого кодирования, проведен их сравнительный анализ, в результате которого определены недостатки кодирования. Приведены виды помехоустойчивого кодирования, направленные на устранение ошибок при передаче информации. Приведен способ и пример сверточного кодирования данных при передаче. Исследовано логическое устройство, используемое для кодирования входной

последовательности данных, описан принцип работы. Произведен анализ помехоустойчивого кодирования и сделаны выводы об эффективности кодирования.

Ключевые слова: кодирование, код, сверточное кодирование, помехоустойчивое кодирование, кодер, диаграмма состояний, входная последовательность, передача данных, беспроводной канал.

В настоящее время интенсивно развиваются различные цифровые системы связи, используемые для передачи данных по беспроводным каналам, в которых на сигнал влияют помехи различного рода. В связи с этим, возникла проблема, при которой полученная информация с большой вероятностью может содержать ошибки, что недопустимо для многих приложений. Так, обеспечение надежной передачи цифровых данных стало одной из главных задач систем связи. Для того чтобы удовлетворить высокие требования к достоверности передаваемых данных эффективным способом, применяется помехоустойчивое кодирование. Одними из видов помехоустойчивых или корректирующих кодов являются – сверточный и блочный коды. В отличие от блочного кодирования, при сверточном кодировании входящая последовательность не разбивается на отдельные блоки. В блочном коде каждому блоку добавляются проверочные символы, тогда как в сверточном коде проверочные символы располагаются между информационными.

Кодер – логическое устройство, с определенным числом состояний. У кодера есть ячейка памяти, из чего можно сделать вывод, что выходная информация зависит как от входящей последовательности, так и от символов в памяти кодера. Свойства кодера определяются такими характеристиками как скорость кода, память кодера и кодовое ограничение. Скорость кода r определяется отношением

количества входных символов k к количеству выходных символов n . Память кодера определяется длиной регистров сдвига, а кодовое ограничение определяется числом символов входной последовательности, влияющих на число символов выходной последовательности.

Состояние кодера определяется генерирующими полиномами или импульсными откликами на входящие символы. Так же их называют порождающими последовательностями. Количество ячеек памяти также определяется генерирующими полиномами.

Порождающие последовательности в полиномиальной форме:

$$g_j(D) = g_j[1]D + g_j[2]D^2 + \dots + g_j[m]D^m, \quad (1)$$

где $g_j(D)$ – порождающий полином.
Выходная последовательность:

$$v^{(j)}[i] = \sum u[i-1] + g[1], \quad (2)$$

где $v^{(j)}[i]$ – выходная последовательность.

Сверточный кодер можно задать диаграммой на рисунке 1. Вершинами данной диаграммы являются возможные состояния кодера, а стрелки показывают переходы между состояниями. На рисунке видно, что стрелки показывают выходную последовательность при переходе из одного состояния в другое.

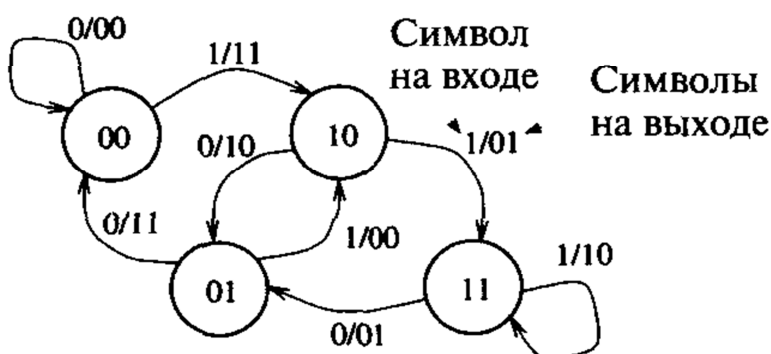


Рис. 1 – Диаграмма состояний сверточного кодера
Fig. 1 – Convolutional encoder state diagram

Данная диаграмма называется диаграммой состояний кодера. Развернув диаграмму состояний во времени, можно построить решетчатую диаграмму (рисунок 2). Благодаря решетчатой

диаграмме можно определить состояние кодера в определенный момент времени. Каждый временной интервал на решетчатой диаграмме соответствует определенному такту.

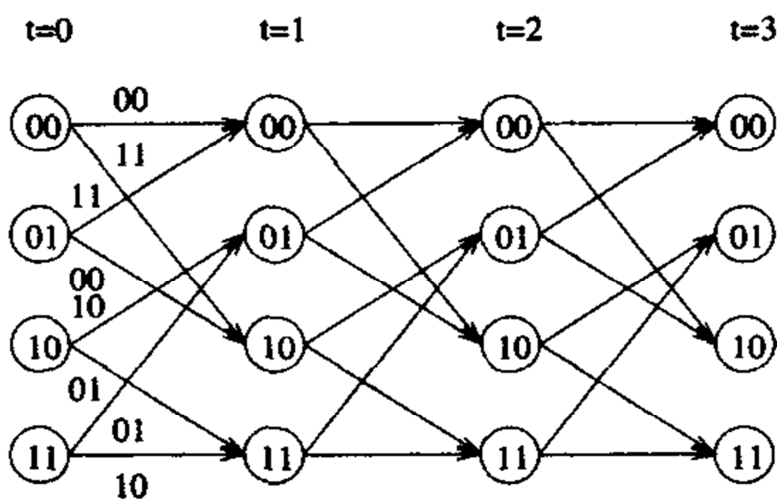


Рис. 2 – Решетчатая диаграмма сверточного кодера
Fig. 2 – Convolutional encoder trellis diagram

Пример сверточного кодирования

$$R = \frac{k}{n} = \frac{1}{2};$$

где k – количество входных битов, n – количество выходных битов.

$$G_1(x) = 1;$$

$$G_2(x) = 1 + x;$$

генерирующие полиномы.

$$a_i = b_i^{(1)} b_i^{(2)},$$

где a_i – входные биты, b_i – выходные биты.

$$V_1(x) = A(x) * G_1(x);$$

$$V_2(x) = A(x) * G_2(x).$$

Закодируем последовательность

$$A=(01011):$$

$$\delta = (1000 \dots);$$

$$h = (11010000 \dots);$$

отклик на δ – функцию.

Следовательно:

$$A = (01011) = \delta_n * 0 +$$

$$\delta_{n-1} * 1 + \delta_{n-2} * 0 + \delta_{n-3} * 1 + \delta_{n-4} * 1;$$

$$A = (01011) = \delta_{n-1} * 1 +$$

$$\delta_{n-3} * 1 + \delta_{n-4} * 1;$$

$$V = h_{n-1} + h_{n-3} + h_{n-4};$$

$$\begin{array}{r} 00\ 11\ 01\ 00\ 00\ 00 \\ 00\ 11\ 01\ 00 \\ 00\ 11\ 01 \\ \hline 00\ 11\ 01\ 11\ 10\ 01 \end{array}$$

Рис.3 – Пример сверточного кодирования
Fig. 3 – Convolutional coding example

$V = (00\ 11\ 01\ 11\ 10\ 01)$.

V – выходная последовательность.

Выводы:

- чтобы кодирование было эффективным, выходная последовательность должна быть длинной, так как при таком исходе влияние помех усредняется по количеству символов;

- сверточный код можно изложить таблицей, но при большом количестве символов его практически невозможно построить;

- математическая структура кода делает возможным создать устройство для практического применения кодирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Никитин Г.И., Антипова И.Б., Красновидов А.В. Корректирующие коды: Методические указания. – Л.: ЛИАП, 1989.
- [2] Сагалович Ю. Л. Введение в алгебраические коды – 3-е изд., перераб. и доп – М.: ИППИ РАН, 2014.
- [3] Никитин Г. И. Сверточные коды: Учебное пособие. – СПб.: Сов. радио, 2001.

REFERENCES

- [1] Nikitin G.I., Antipova I.B., Krasnovidov A.V. Correction codes: Guidelines. – L.: LIAI, 1989.
- [2] Sagalovich Y.L. Introduction to algebraic codes – 3rd ed., revised. and add., — M.: ITP RAS, 2014.
- [3] Nikitin G.I. Convolutional codes: Tutorial. – SPb.: Soviet radio, 2001.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРТОВОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ

Саидахметов Мурад, кандидат физико-математических наук, доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, msaidahmet@mail.ru

Оспанова Нуржамал Акпаевна, доктор PhD, доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, ospanova_n@mail.ru

Балабатыров Касымхан, бакалавр, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, kasymski@gmail.com

БӨГЕУІЛГЕ ТӨЗІМДІ КОДАЛАУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ ҮШІН МӘЛІМЕТТЕРДІ ЖИНАҚТАУДА КОДАЛАУДЫ ЗЕРТТЕУ

Сайдахметов Мурад, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, msaidahmet@mail.ru

Оспанова Нуржамал Акпаевна, PhD докторы, доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, ospanova_n@mail.ru

Балабатыров Касымхан, бакалавр, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kasymski@gmail.com

Андатпа. Мақалада сымсыз арналар арқылы деректерді беру мәселелері қарастырылады. Қателіктердің ықтималдығын азайтуға арналған мәліметтерді беру мәселелерін шешудің әдістері зерттелген. Қателерді түзететін кодтау түрлерінің арасындағы айырмашылықтар қарастырылады, оларға салыстырмалы талдау жүргізіліп, нәтижесінде кодтаудың кемшіліктері анықталады. Ақпаратты жіберудегі қателіктерді жоюға бағытталған қателерді түзетудің кодтау түрлері келтірілген. Мәліметтерді тарату кезіндегі конвультивті кодтау әдісі мен мысалы. Енгізілген мәліметтер тізбегін кодтау үшін қолданылатын логикалық құрылғы зерттеледі және жұмыс принципі сипатталған. Қателерді түзететін кодтауға талдау жасалып, кодтаудың тиімділігі туралы қорытынды жасалады.

Түйін сөздер: кодтау, код, конверсиялық кодтау, қателерді түзету, кодтау, күй диаграммасы, енгізу реттілігі, мәліметтерді беру, сымсыз арна

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.320-326

16-QAM MODULATOR PRINCIPAL SCHEME DESIGN BASED ON THE PHASE-INVERTING OPERATIONAL AMPLIFIERS IN THE MULTISIM APPLICATION

Igor Olegovich Kossyakov, PhD student, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, Kazakhstan, heimmdal@mail.ru

Bekbolat Zhalaurovich Aldaniyarov, associate Professor, NSC Academy, Almaty, Kazakhstan, kazakhfilm273052@inbox.ru

Maxim Yuryevich Polushin, associate Professor, NSC Academy, Almaty, Kazakhstan, kazakhfilm273052@inbox.ru

Abstract. The article discusses 16-QAM modulators modern applications and their advantages. Radio frequency signal spectrum reduction one of these advantages, because of this, everywhere is transition from analog to digital standards. According to formula that given in the article 16-QAM signal, is the sum of sinusoidal and cosine components with different output amplitude levels based on the input data. For all noise levels error options are given. One of the most unfavorable scenarios will be an error in which distorted two end characters. In addition, article focuses on the structural diagram of the 16-QAM modulator, which is the base for circuit scheme. After consideration of the block diagram, 16-QAM modulator circuit scheme was implement by using operational amplifiers that form the main signal components in accordance with the initial sequence of bits. The article describes in detail formation of the amplitude, and then phase in the modulator circuit based on the initial digital sequence. Also article describes purpose of all elements, that was used in principal scheme, for detailed work understanding. As a platform for circuit implementation was used Multisim 12, which have all instruments and components. Article consider all disadvantages if the modulation index was increased, one of this disadvantages is noise immunity, which decreases if increased number of points in constellation diagram. By using the Fourier analysis, was verify designed principal scheme and all points of constellation diagram are correct, signal levels and resulting phase has little deviation from nominal theoretical data. Resulting circuit can used for digital transmitters projecting and during classes that are considering digital wireless data transmitting systems.

Keywords: quadrature amplitude modulation, operational amplifiers, Multisim 12, Fourier analysis, circuitry, simulation on a PC

УДК 537.876.23

И.О. Косяков¹, Б.Ж. Алданияров², М.Ю. Полушин²

¹Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, Казахстан

²Академия КНБ, г. Алматы, Казахстан

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯТОРА 16-QAM НА ФАЗОИНВЕРТИРУЮЩИХ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ В ПРИЛОЖЕНИИ MULTISIM

Аннотация. В статье рассмотрены современные области применения модуляторов 16-quadrature amplitude modulation (QAM) и их преимущества. Приведены варианты ошибок при определённых уровнях шумов. Реализована принципиальная схема модулятора 16-QAM на операционных усилителях, которые формируют основные компоненты сигнала в соответствии с исходной последовательностью бит. В качестве платформы для реализации схемы применена программа Multisim 12. Полученная в результате моделирования схема проверена на правильность расстановки точек в сигнальном созвездии с помощью анализа Фурье. Полученную схему можно использовать при проектировании цифровых передающих устройств.

Ключевые слова: квадратурная амплитудная модуляция, операционные усилители, Multisim 12, анализ Фурье, схемотехника, моделирование на персональном компьютере.

Модуляторы 16-QAM в настоящее время очень распространены в устройствах связи, так, в частности, они применяются в спутниковой и широкополосной сотовой связи, спутниковом телевизионном вещании. Наиболее распространенным является формат модуляции 16-QAM. В основном в устройствах связи микропроцессорного типа применяются процессорные сборки с данным модулятором, например, в мобильных телефонах, в более мощных операторских передающих устройствах. Схемотехническая реализация квадратурного амплитудного модулятора помогает спроектировать сборку для таких устройств.

Одной из проблем, которую решает 16-QAM, является то, что в системах связи остро стоит вопрос совместного использования частотного ресурса. В многоканальных системах связи требуется ограничение спектра сигнала для каждого абонента, это необходимо для того, чтобы исключить взаимное влияние друг на друга. В результате роста скорости передачи данных необходимо повышение спектральной эффективности систем связи [1].

В общем виде, суммарный 16-QAM модулированный сигнал будет выглядеть следующим образом:

$$S(t) = I(t) \cos(\omega_0 t) + Q(t) \sin(\omega_0 t), \quad (1)$$

где $I(t)$ и $Q(t)$ – модулирующие сигналы, ω_0 – несущая частота.

В таком виде модуляции вероятность ошибки $P_{\text{ош}}$ будет зависеть от положения конечной точки сигнала A в пространстве созвездия. В случае если она находится в пределах квадрата (A), ограниченного осями $X1$ и $Y1$, то значение будет принято без ошибки. В случае если в амплитуду сигнала добавится шум, и она выйдет за пределы осей $X1$ и $Y1$ в горизонтальной и вертикальной плоскостях (A_1 и A_2), то сигнал будет принят с единичным битом ошибки. Если же она выйдет за пределы обеих осей (A_3), то сигнал будет принят с двойной ошибкой в последовательности. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что вероятность ошибки будет напрямую зависеть от максимальной амплитуды сигнала передатчика, который будет определять максимальную мощность шумов, предельно допустимых в данном канале связи, именно это обеспечивает успех данного вида модуляции в различных радиопередающих устройствах.

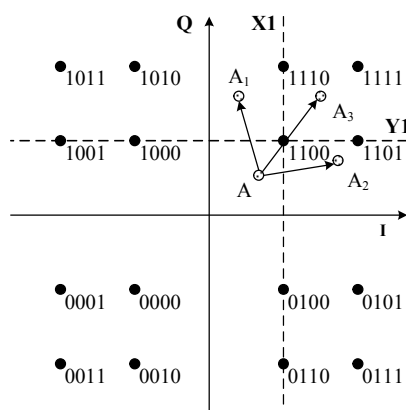


Рис. 1 – Сигнальное созвездие 16-QAM
Fig. 1 – 16-QAM constellation diagram

В общем виде, структурная схема модулятора приведена на рисунке 2. Входной поток данных вначале подвергается необходимой цифровой обработке в процессоре данных: выделению тактовой частоты, скремблированию, дифференциальному кодированию, последовательно параллельному преобразованию. Так как модуляция 16-QAM обеспечивает удельную скорость передачи 4 бит/(с·Гц), то для последующей модуляции поток данных в ходе его цифровой обработки разделяется на 4 подпотока с соответственно сниженными скоростями. Затем производится цифро-аналоговое преобразование двух двоичных

подпотоков в один четырехуровневый с одновременным формированием их спектра, где импульсам придается сглаженная форма. Четырехуровневые сигналы в каналах I и Q управляют работой балансных модуляторов, выходные сигналы которых складываются, образуя сигнал 16 QAM с двумя полосами и подавленной несущей. На балансные модуляторы несущая поступает со сдвигом $\pi/2$, т.е. в квадратуре. Выходной сигнал модулятора на промежуточной частоте несущей проходит через полосовой фильтр, ограничивающий внеполосные излучения, и может быть конвертирован в полосу любого канала.

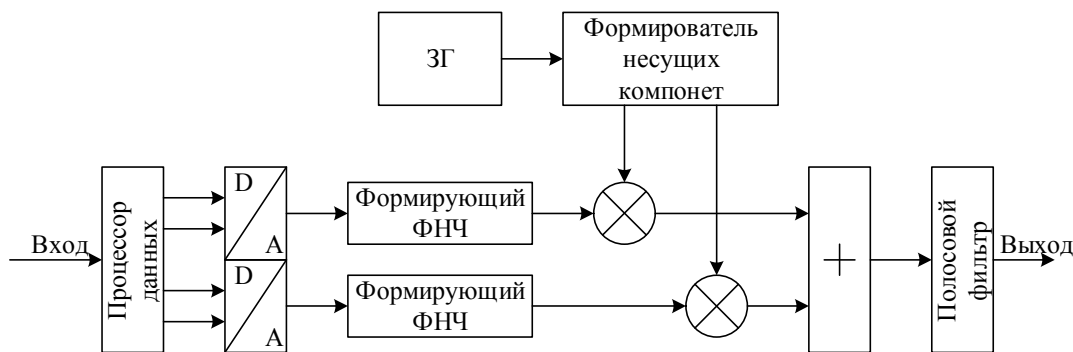


Рис. 2 – Структурная схема модулятора 16-QAM

Fig. 2 – 16-QAM modulator block diagram

Теперь реализуем данную схему в программе-симуляторе Multisim 12 версии, схема приведена на рисунке 3. В схеме присутствуют два базовых компонента: I-косинусоидальная и Q-синусоидальная. Биты на источниках двоичных последовательностей U1 и U5 отвечают за амплитуду напряжения одной из компонент и являются последними двумя битами в общей последовательности. Биты U4 и U6 располагаются в последовательности сначала и отвечают за изменение начальной фазы каждого из сигналов на 180 градусов. Для упрощения проектирования вместо единого задающего генератора и делителей напряжений взяты разные источники синусоидальных сигналов с одинаковой

частотой, также источники формируют синусоиду и косинусоиду, соответственно. Резисторы в схеме задают работу операционным усилителям U3 и U2, на которых собраны фазоинверторы модулятора. В качестве выходного сумматора компонент используется аналоговый сумматор, собранный на операционном усилителе, включенном по схеме неинвертирующего усилителя. В целом можно отметить, что схема довольно простая с точки зрения реализации, но в то же время важным элементом работы логики является амплитуда источников синусоидального сигнала, так как при повышении индекса модуляции она будет различной у каждой компоненты.

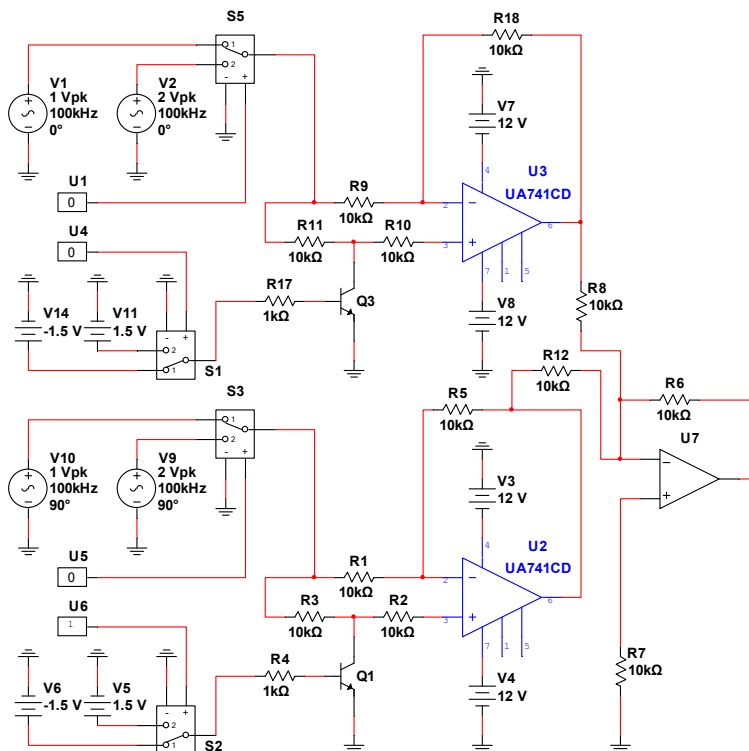


Рис. 3 – Принципиальная схема модулятора 16-QAM
Fig. 3 – 16-QAM modulator schematic diagram

В случае использования подобной схемы передаваемый сигнал будет определяться выражением:

$$s_i(t) = \text{Re}\{A_i e^{j\theta_i} g(t) e^{j2\pi f_c t}\} = A_i \cos(\theta_i) g(t) \cos(2\pi f_c t) - A_i \sin(\theta_i) g(t) \sin(2\pi f_c t) \quad (2)$$

где форма импульса $g(t)$ удовлетворяет условиям (3):

$$\int_0^T g^2(t) \cos^2(2\pi f_c t) dt = 1 \quad (3)$$

и (4):

$$\int_0^T g^2(t) \cos(2\pi f_c t) \sin(2\pi f_c t) dt = 0 \quad (4)$$

Энергия сигнала $s_i(t)$ будет равна (5):

$$E_{s_i} = \int_0^{T_s} s_i^2(t) dt = A_i^2 \quad (5)$$

Расстояние между любой парой символов будет определяться как (6):

$$d_{ij} = \|s_i - s_j\| = \sqrt{(s_{i1} - s_{j1})^2 + (s_{i2} - s_{j2})^2} \quad (6)$$

Для квадратных созвездий сигнала, в которых s_{i1} и s_{i2} принимают значения $(2i-1-L)d$ при $i=1,2,\dots,L$, минимальное расстояние между точками сигнала сокращается до $d_{min}=2d$.

В общем случае, для QAM-4 и QAM-16 количество точек будет $M=L^2=2^{2l}$, которые используются для передачи $2l$ бит на символ или l бит на одно измерение, где $l=0,5 \log_2 M$. В этом случае имеет смысл показать, что средняя мощность P_l квадратного созвездия сигнала размерностью l бит пропорциональна $4^{l/3}$, и, следовательно, средняя мощность при увеличении размерности на один бит составит $P_{l+1} \approx 4P_l$. Поэтому при использовании квадратных созвездий для увеличения размерности на 1 бит или

дополнительной передачи 2 бит на символ потребуется приблизительно на 6 дБ больше мощности при сохранении того же минимального расстояния между точками созвездия [2].

При увеличении позиционности модуляции происходит существенное снижение помехоустойчивости сигнала, которое зависит не только от отношения сигнал/шум, но и от конфигурации используемого созвездия множества сигналов и модуляционного кода. Данная конфигурация существенно влияет на сложность построения модулятора. В качестве модуляционных кодов часто используют рефлексные коды и, в частности, код Грея. Для минимизации вероятности многократных символьных ошибок при приёме таких сигналов выбирается модуляционный код, обеспечивающий расстояние Хемминга равное единице между всеми близко расположенными точками (7). Исходя из

этого, вероятность битовой ошибки становится равна:

$$P_b \approx \frac{1}{k} P_c, \quad (7)$$

k - число битов в одном символе, P_c - вероятность символьной ошибки [3].

Для проверки работы схемы необходимо произвести анализ Фурье на её выходе. Multisim позволяет выполнить данную операцию с помощью инструмента «Анализ Фурье». Данные анализа приведены в таблице 1. Здесь можно отметить, что все уровни напряжений, а также суммарные фазы полностью соответствуют сигнальному созвездию. Важно понимать, что реальные значения амплитуды и фазы будут отличаться от приведённых в таблице, так как в сигнал будут добавляться шумы.

Таблица 1 – Результаты анализа Фурье
Table 1 – Fourier analysis results

Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °	Комбинация	Амплитуда, В	Начальная фаза, °
1111	1,4	-135	0111	1,4	-45
1110	2,2	-153	0101	2,2	-63
1101	2,2	-117	0110	2,2	-27
1100	2,8	-135	0100	2,8	-45
1011	1,4	+135	0011	1,4	+45
1010	2,2	+153	0001	2,2	+63
1001	2,2	+117	0010	2,2	+27
1000	2,8	+135	0000	2,8	+45

Также результаты моделирования схемы и соответствие формуле (6) можно проверить графическим путём, с помощью нанесения отрезков и выставления градусной меры с амплитудой. Графическое отображение в этом случае должно визуально соответствовать

рисунку 1. Результаты графического отображения с использованием данных, приведённых в таблице 1 приведены на рисунке 4. Можно отметить, что условие расстояния между соседними комбинациями полностью соответствует формуле 6.

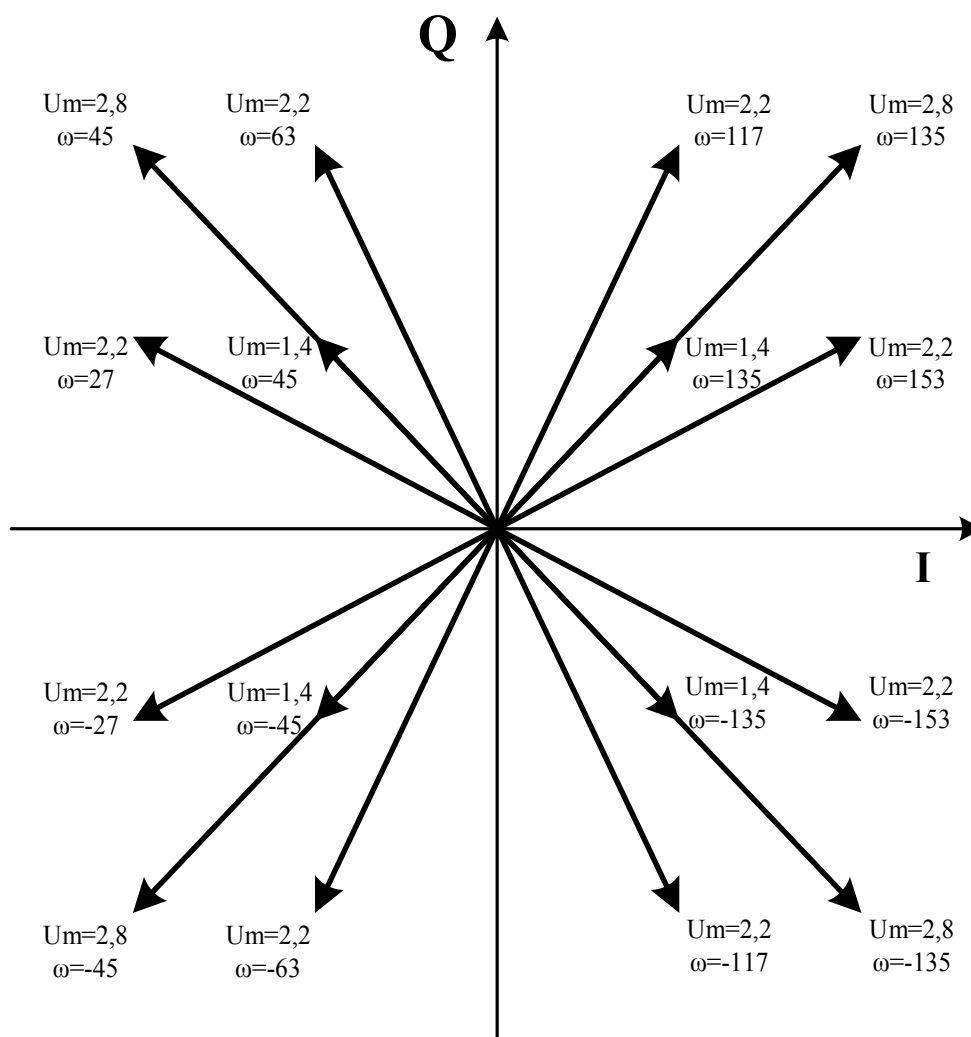


Рис. 4 – Графическое отображение результатов моделирования
Fig. 4 – Simulation results graphical display

Выводы. Квадратурная амплитудная модуляция является самым простым и оптимальным решением при модуляции цифровых сигналов широкополосной беспроводной передачи данных. Она может быть сконфигурирована для любого уровня шумов в канале таким образом, чтобы шум не вносил ошибок в передаваемый сигнал. В работе спроектирована принципиальная схема модулятора 16-QAM на фазоинвертирующем операционном

усилителе и аналоговом сумматоре в программе Multisim. Параметры выходных сигналов схемы соответствуют номинальным необходимым значениям, что свидетельствует о том, что схема собрана правильно. Полученная схема может быть использована при изготовлении передатчиков, использующих модуляцию 16-QAM, также электронный вариант схемы можно использовать для образовательных целей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Боев Н. М. Системы связи. Подвижные системы связи. Лекции: Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]. -Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. – 60 с.
- [2] Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. - М.: Техносфера, 2011. – 903 с.
- [3] Сергиенко А.Б. Цифровая связь: Учебное пособие. -СПб.: Издательство СПбГЭТУ«ЛЭТИ», 2012. – 164 с.

REFEFENCES

- [1] Boev N. M. *Sistemy svyazi. Podvizhnye sistemy svyazi. Lekcii: uchebno-metodicheskoe posobie [Jelektronnyj resurs]* [in Russian: Communication systems. Mobile communication systems. Lectures: teaching aid]. Krasnojarsk: Sibirskij federal'nyj universitet, 2013. – 60 s.
- [2] Goldsmit A. *Besprovodnye kommunikacii* [in Russian: Wireless communications]. M.: Tehnosfera, 2011. – 903 s.
- [3] Sergienko A.B. *Cifrovaja svjaz': uchebnoe posobie* [in Russian: Digital Communications: tutorial]. SPb.: Izdatel'stvo SPbGJeTU«LJeTI», 2012. – 164 s.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ МОДУЛЯТОРА 16-QAM НА ФАЗОИНВЕРТИРУЮЩИХ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ В ПРИЛОЖЕНИИ MULTISIM

Косяков Игорь Олегович, докторант PhD, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, Казахстан, heimmdal@mail.ru

Алданияров Бекболат Жалауович, доцент, Академия КНБ, г. Алматы, Казахстан, kazakhfilm273052@inbox.ru

Полушин Максим Юрьевич, доцент, Академия КНБ, г. Алматы, Казахстан, kazakhfilm273052@inbox.ru

MULTISIM ҚОСЫМШЫДАҒЫ ФАЗАЛЫҚ-ИНВЕРТОРЛЫҚ ЖҰМЫС КҮШЕЙТКІШТЕРІНДЕ 16-QAM МОДУЛЯТОРЫНЫҢ СХЕМАЛЫҚ СЫЗБАСЫН ЖОБАЛАУ

Косяков Игорь Олегович, PhD докторант, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., Қазақстан, heimmdal@mail.ru

Алданияров Бекболат Жалауович, доцент, ҰҚК Академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kazakhfilm273052@inbox.ru

Полушин Максим Юрьевич, доцент, ҰҚК Академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kazakhfilm273052@inbox.ru

Аңдатпа. Жобада 16-QAM модуляторының қазіргі уақыттағы қолданылу облысы және артықшылықтары қарастырылған. Белгіленген шу кезіндегі қателіктері көрсетілген. Берілген биттер тізбегі бойынша, сигналдың негізгі компоненттерін құрастыратын операциялық күшейткіштерде, 16-QAM модуляторының принципалды схемасы жүзеге асырылған. Схеманы жүзеге асыру платформасы ретінде, Multisim 12 программасы қолданылды. Нәтижесінде алынған схема бойынша, сигналдар тобына нүктелерді қою дұрыстығы, Фурье анализі арқылы тексерілді. Алынған схеманы цифрлы таратқыш құрылғыларды жобалауда қолдануға болады.

Түйін сөздер: квадратуралық амплитудалық модуляция, операциялық күшейткіш, Multisim 12, Фурье анализі, схемотехника, ПК модельдеу.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev
ISSN 1609-1817. Vol. 112, No.1 (2020), pp.326-334

TECHNOGENIC TRANSFORMATION OF XENOBIOTICS AND MICROBIOCENOSIS IN TIME IN COMPOSITE MODEL COMPOSITE “MUNICIPAL SOLID WASTE + ASH”

Gulya Jamalova, associate professor, candidate of Agricultural Sciences, docent Kazakh National Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan (050013 Almaty, Satpayev str., 22), e.mail: j.ga@bk.ru

Alexandr Garabadzhiu, Dr. Sc. (Chemistry), Professor St. Petersburg State Technological Institute (technical university), (Saint-Petersburg, 190013, Moskovsky prospect, 26), e.mail: gar-54@mail.ru

Saniya Joldybayeva master of technical sciences Scientific and Diagnostic Center Animal Expert Group LLP (Almaty, Magnitnaya St., 19B), e-mail: joldybayeva.s@mail.ru

Temirlan Serikov Bachelor of Engineering and Technology in the specialty "biotechnology" Master student of the Kazakh National Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan (050013, Almaty, Satpayev Str., 22) in the specialty "biotechnology", e-mail: s_tima@bk.ru

Abstract. The article reflects research aimed at studying the variability of the activity of xenobiotics and microbiocenosis in the compostable "municipal solid waste" ("moTBO") model substrate upon the introduction of ash and slag (ash). The object of the study was model samples of MSW (MTBF), which are formed, on average, in the conditions of the south and southeast of Kazakhstan. Theoretical studies have shown that silica in soils increases the content of motile phosphates and increases the availability of phosphorus to plants. In this regard, in the work was used, due to the high content of silicon dioxide, ash obtained from burning coal grade D (long-flame) deposits "Shubarkul" (Shubarkol coal mine, located in Nurinsky district of the Karaganda region). The objective of this study was to study the technogenic transformation of xenobiotics and microbiocenosis in the compostable model composite "moTB + ash" in time according to development stages. In order to study the physicochemical and microbiological transformation of the compostable moTBO + ash composite, three repeated experiments were carried out depending on the composting phase and the amount (50, 100 and 150 g / kg MSW) of ash added to the substrate. Experimental studies have shown that in the process of aerobic decomposition of MSW, good results can be achieved by adding ash in an amount of 100 g / kg of MSW to MSW. This ratio provides a compostable substrate the optimal solution for reducing the activity of xenobiotics by 4-28% (for eleven out of twenty studied), and for improving the sanitary state of the compost. When studying the activity of heterotrophic microorganisms, it was found that the growth of colonies, depending on the stage of development of the compostable substrate, was recorded by TBC after 24 hours at such developmental stages as lag, thermophilic and maturation, and for the mesophilic phase, the growth of colonies began only after 72 hours of cultivation, for colimorphic bacteria - after 24 hours at the stages of lag and thermophilic and after 72 hours - at the stage of mesophilic development, for actinomycetes and micromycetes - at 120 hours at the lag phase and after 72 hours for the remaining developmental phases. Consequently, it can be concluded that slow-growing taxa are more active in the initial stages of development of the composted substrate, whereas in the later stages of development it is rapidly growing.

Keywords: municipal solid waste, xenobiotics, microorganisms, compost, ash.

УДК 628.544/631.879.42/579.63

Г.А. Джамалова^{1,3}, А.В. Гарабджигу², С.М. Джолдыбаева¹, Т.А. Сериков³

¹ТОО «Научно-диагностический центр «Animal Expert Group»

²Санкт-Петербургский государственный технологический институт, г. Санкт-Петербург, РФ

³Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КСЕНОБИОТИКОВ И МИКРОБИОЦЕНОЗА ВО ВРЕМЕНИ В КОМПОСТИРУЕМОМ МОДЕЛЬНОМ КОМПОЗИТЕ «ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ + ЗОЛА»

Аннотация. Приводятся результаты экспериментального исследования по изучению техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза во времени в компостируемом композите «моТБО+зола». Обнаружено, что в процессе аэробного разложения ТБО хорошие результаты можно достичь при добавлении в ТБО золы в количестве 100 г/кг ТБО. Такое соотношение обеспечивает для компостируемого композита оптимальное решение по двум критериям. Первое – по снижению активности ксенобиотиков на 4-28 % (для одиннадцати из двадцати исследуемых). Второе – по улучшению санитарного состояния компоста.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, компост, ксенобиотики, микроорганизмы, зола.

Введение. Для изучения изменчивости активности ксенобиотиков и микробиоценоза в компостируемом модельном субстрате «твердые бытовые отходы» («_{мо}ТБО») была использована в качестве сорбента зола, полученная от сжигания каменного угля марки Д (длиннопламенный) месторождения «Шубаркуль» (Шубаркольский угольный разрез), расположенный в Нуринском районе Карагандинской области [1]. Выбор пал на данный тип золы вследствие большого содержания в них диоксида кремния (57,09 %) [2]. Ведь по результатам некоторых работ установлено, что диоксид кремния в почвах увеличивает содержание подвижных фосфатов [3,4] и повышает доступность фосфора растениям [5,6]. Кроме того, зола хорошо зарекомендовала себя в качестве сорбента [7] для очистки техногенно загрязненных экосистем.

Задачи исследования: изучение техногенной трансформации ксенобиотиков и микробиоценоза в компостируемом модельном композите «_{мо}ТБО+зола» во времени по стадиям развития.

Объект и методика исследований. Объектом исследования послужили модельные образцы ТБО (_{мо}ТБО), образующиеся, в среднем, в условиях юга и юго-востока Казахстана [8]. Компостирование проводили по методике, изложенной в работах [9, 10]. В связи с преобладанием на территориях России и Казахстана комплексного сбора ТБО подготовленный модельный образец, содержащий все компоненты [8], был подвергнут измельчению до грубодисперсной гетерогенной смеси (3-5 мм). Изучение физико-химической и

микробиологической трансформации компостируемого композита «_{мо}ТБО+зола» проводили в трёх повторных экспериментах в зависимости от фазы компостирования и количества добавленной в композит золы: 50 (опыт 1), 100 (опыт 2) и 150 г/кг ТБО (опыт 3).

Результаты исследований. Изучение физических и органолептических свойств компостируемого субстрата «_{мо}ТБО+Зола» во времени показало, что физические свойства (W, t, аэрация) во времени управляемо контролировались, тогда как на органолептические свойства, особенно на запах, оказывало влияние количество введенной золы: чем больше количество введенной золы, тем быстрее компостируемый субстрат «терял» тухлый запах, зафиксированный для всех вариантов вначале опыта. Так, если при добавлении золы 50 г/кг ТБО запах на лаг фазе от тухло-плесневого переходит в плеснево-землянистый на термофильной фазе, то при добавлении золы 100 и 150 г/кг ТБО, на стадии мезофильного развития субстрат приобретает соответственно плесневый и плеснево-землянистый запах, а на стадии созревания – землянистый.

Химический состав компостируемого композита «_{мо}ТБО+зола» по фазам развития показало (таблица 1), что при добавлении в субстрат золы в количестве 50 г/кг ТБО, активность исследуемых ксенобиотиков увеличилась на 60–200 % в зрелом компосте по сравнению с субстратом перед началом эксперимента. Так, для таких веществ, как CH_2O (60%), В (64%), Со (68%), Cr, Zn (78%), NO_3^- (88%) и Al первоначальными данными, а для

Таблица 1 – Химический состав компостируемого композита «моТБО+зола» во времени по фазам развития
Table 1 – Chemical composition of the compostable composite "Mambo+ash" in time by phases of development

№	Название	моТБО+зола, 50 г/кг				моТБО+зола, 100 г/кг				моТБО+зола, 150 г/кг						
		Начало эксп	Фаза*			На- чало эксп	Фаза*			На- чало эксп	Фаза*					
			1	2	3		4	1	2		3	4	1	2	3	4
1	Cr	0,09	0,13	0,23	0,22	0,16	0,12	0,13	0,23	0,56	0,1	0,05	0,16	0,11	0,28	0,08
2	Hg	1	1,4	3	2,8	3,2	1,2	1,8	3,3	8,4	2,4	0,8	2,4	1,4	1,7	1,3
3	B	2,2	1,9	6	5,1	3,6	3,5	3,1	5,5	14,6	2,4	1,3	3,4	3,5	3,4	1,6
4	Cd	13	13,4	37,8	34	26,4	19,3	21	35,1	80	17,8	8,7	24,5	18,8	22,3	11,2
5	Zn	0,18	0,41	0,43	0,4	0,32	0,25	0,25	0,43	1,08	0,18	0,1	0,3	0,2	0,86	0,17
6	Co	0,19	0,16	0,47	0,42	0,32	0,27	0,26	0,44	1,06	0,2	0,11	0,28	0,24	0,34	0,14
7	Mo	6	8,1	20,6	19,5	18	8,1	11,3	17,7	36,4	14,6	4,4	15,5	8,9	10,4	7,2
8	Pb	31	35	87	81	64	42	49	82	316	40	20	59	40	65	28
9	Se	0,27	0,39	0,92	0,88	0,8	0,35	0,51	0,79	2,32	0,64	0,2	0,69	0,38	0,52	0,33
10	Al	0,137	0,13	0,432	0,353	0,272	0,218	0,218	0,364	1,04	0,182	0,085	0,243	0,258	0,199	0,112
11	Ba	15	18	48	43	40	22	26	42	98	30	11	33	25	22	15
12	Mn	1,29	1,61	4,14	3,83	3,33	1,82	2,3	3,7	7,94	2,54	0,91	2,96	1,83	2,28	1,34
13	Cu	0,20	0,24	0,64	0,59	0,46	0,29	0,36	0,59	1,25	0,33	0,14	0,44	0,29	0,38	0,19
14	Ni	0,20	0,25	0,63	0,59	0,49	0,29	0,36	0,58	1,22	0,37	0,14	0,45	0,29	0,38	0,21
15	NO ₃ ⁻	6,4	7,4	29	25,8	12	10,4	12,6	26,3	59	8,2	4	16,3	9,5	15,8	5,9
16	PO ₄ ³⁻	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,05	0,18	0,04	0,01	0,03	0,03	0,09	0,02
17	Cl ⁻	1,7	3,4	10,6	9,6	3,6	2,6	3,9	8,9	15,2	3	1,1	6	2,6	8,2	1,8
18	Fe _{total}	0,36	0,38	1,08	0,96	0,76	0,55	0,59	1	2,36	0,52	0,3	0,7	0,6	0,6	0,3
19	SO ₄ ²⁻	8	11	26	24	20	11	14	23	68	16	6	19	11	17	9
20	CH ₂ O	40	47	97	88	64	53	54	93	280	38	23	62	45	109	32

Cd (103%), Pb (106%), Fe_{total} (111%), Cl⁻ (112%), Cu (130%), Ni (145%), PO₄³⁻, SO₄²⁻ (150%), Mn (158%), Ba (167%), Se (196%), Mo (200%), Hg (320%) – более, чем на 100 %. При этом видно, что в процессе компостирования, с одной стороны, изменчивость активности ксенобиотиков имел криволинейный тип, вследствие разнокачественного их поведения во времени, с другой, активность ксенобиотиков наиболее высокой была отмечена в фазу мезофильного развития, т.к. их содержание по сравнению с началом эксперимента увеличилось от 125 до 667 % и, с третьей - увеличение активности ксенобиотиков привело к повышению ПДК для таких веществ, как Hg (1,5 ПДК), Cd (1,2 ПДК), Mo (3,6 ПДК), Pb (2 ПДК), CH₂O (9,1 ПДК). Также следует отметить, что по сравнению с мезофильной фазой, в фазу созревания компост менее «ксенобиотически агрессивен», т.к. по результатам химического анализа видим, что их содержание, за исключением Hg и PO₄³⁻, снижается на 13–66 %. А для таких веществ, как Hg и PO₄³⁻, наблюдаем последовательное увеличение по фазам на 40%, 200%, 280%, 320% для Hg и на 50% на лаг фазе и на 150% на последующих трех фазах для PO₄³⁻. При добавлении в компостируемый композит золы в количестве 100 г/кг ТБО, поведение исследуемых ксенобиотиков существенно отличается от опытной группы № 1 (зола 50 г/кг ТБО). Из двадцати исследуемых веществ, для десяти содержание в зрелом компосте снизилось на 5–28 %. Тогда как в первой опытной группе, как это было рассмотрено выше, отмечено только повышение активности всех исследуемых ксенобиотиков в зрелом компосте по сравнению с данными, полученными на начальном этапе работы. В зависимости от поведения ксенобиотиков во времени по фазам развития для второй опытной группы можно условно выделить следующие группы ксенобиотиков: 1) ксенобиотики, содержание которых снизилось по сравнению с начальными

данными, но при этом: допустимые нормы полностью соблюдены, это Cr (17%), B (8%), Al (17%), Zn (28%), Co (26%), NO₃⁻ (21%), Fe_{total} (5%), CH₂O (28%); превышение ПДК не было устранено – это Cd (9,7 ПДК в начале и 8,9 ПДК в конце процесса компостирования; активность снизилась на 8 %), Pb (1,3 ПДК, 1,25 ПДК; 5% соответственно) и CH₂O (7,6 ПДК, 5,4 ПДК; 28 % соответственно); 2) ксенобиотики, содержание которых в процессе компостирования увеличилось: Cl⁻ (15 %), Cu (14 %), Ni (28 %), PO₄³⁻ (33 %), Ba (36 %), Mn (40 %), SO₄²⁻ (45 %), Se (83 %), Hg (100%). Как видно из этих данных, зола в количестве 100 г/кг ТБО позитивно влияет на процесс снижения активности ксенобиотиков вследствие, как это было отмечено в работе [6], сорбционных свойств. При добавлении в компостируемый композит золы в количестве 150 г/кг ТБО, поведение исследуемых ксенобиотиков существенно отличается от опытных групп № 1 (зола 50 г/кг ТБО) и № 2 (зола 100 г/кг ТБО). Так, при сравнении третьей опытной группы с другими двумя опытами видим, что: содержание рассматриваемых ксенобиотиков в компостируемом композите увеличилось на 4 – 100 % (Pb (4%), B (23%), Co (27%), Cd (29%), Al (32%), Ba и Cu (36%), CH₂O (39%), Mn (47%), NO₃⁻ (48%), Ni и SO₄²⁻ (50%), Cr (60 %), Hg (63 %), Mo и Cl⁻ (64%), Se (65%), Zn (70%), PO₄³⁻ (100%)), тогда как для первой опытной группы рассматриваемые ксенобиотики увеличились на 60-200%, а для второй лишь для девяти из двадцати рассматриваемых веществ (Cl⁻, Cu, Ni, PO₄³⁻, Ba, Mn, SO₄²⁻, Se, Hg) – на 15 – 100 %, для остальных же было зафиксировано количественное снижение; максимальное увеличение ксенобиотиков было отмечено, в основном, на термофильной (Cr, Cd, Zn, Co, Pb, PO₄³⁻, Cl⁻, CH₂O) и лаг (Hg, Mo, Se, Ba, Mn, Cu, Ni, NO₃⁻, Fe_{total}, SO₄²⁻) фазах развития компостного композита, тогда как для первой опытной группы – на мезофильной (исключение: для первой группы B, Al на мезофильной; второй Hg

на термофильной фазе), второй – на термофильной фазе. Из всего вышеизложенного можно заключить, что в целях снижения активности ксенобиотиков в компосте в компостируемый композит «ТБО» следует добавить золу, оптимальное количество которой, согласно полученным данным, должно быть 100 г/кг ТБО.

Изучение изменчивости микробиоценоза в компостируемом субстрате «моТБО+зола» во времени по стадиям развития показало, что на общую обсемененность оказывают влияние как фаза развития компостируемого субстрата, так и количество введенной в субстрат золы: 1) ОМЧ гетеротрофных микроорганизмов (КОЕ/г) характеризуется следующей изменчивостью: а) при внесении в субстрат 50 г золы на кг_{моТБО} отмечается: повышение количества на один уровень разведения (с четвертого на пятый) на стадиях мезофильного и термофильного развития по сравнению с лаг фазой развития, тогда как на стадии созревания уровень разведения восстанавливается до четвертого; планомерное снижение степени изменчивости от 108% на стадии лаг фазы до 6 % на стадии созревания вследствие, на наш взгляд, воздействия на компостируемый субстрат одинаковых физико-химических условий; б) при внесении в субстрат 100 г золы на кг_{моТБО} наблюдали на всех стадиях развития компостируемого композита константную обсемененность (пятый уровень разведения), тогда как степень изменчивости относительно высоким был отмечен на стадии лаг фазы (99 %) и термофильной фазы (51 %), а наименьшим – на стадиях мезофильного (18 %) развития и созревания (17 %); в) внесение золы в количестве 150 г/кг ТБО способствовало снижению обсемененности на один уровень разведения (с шестого на пятый) на стадии мезофильного развития субстрата, с сохранением, на последующих стадиях, пятого уровня разведения, тогда как степень изменчивости, наоборот, на

стадии мезофильного развития субстрата увеличился с 22 % до 39 %, но при достижении стадии созревания происходит его существенное снижение (6 %); 2) на обсемененность колиформными бактериями, в большей степени повлияла фаза развития компостируемого субстрата вследствие регулируемого колебания температурного режима, т.к. после прохождения фазы термофильного развития обсемененность отсутствовала в группах опыта, где было добавлено золы в количестве 100 и 150 г/кг ТБО, в группе же, где количество добавленной в субстрат золы составило 50 г/кг ТБО, обсемененность при высокой вариации резко упало с третьего уровня разведения на первый; 3) на обсемененность компостируемого субстрата актиномицетами оказало влияние как количество добавленной золы, так и стадия развития компостируемого субстрата, так, в зависимости от: первого фактора, обсемененность была зафиксирована в первой группе опыта на стадиях лаг и созревания (четвертый и второй уровень разведения соответственно), во второй – на стадиях лаг и мезофильная (четвертый и первый уровень соответственно), на третьей – только на стадии лаг фазы (четвертый уровень разведения); второго фактора, было отмечено отсутствие обсемененности на стадии термофильного развития для всех трех опытов вследствие воздействия высокой температуры (60°C) и на стадии созревания для второй и третьей опытной группы; 4) на активность микромицетов в большей степени оказало влияние количество внесенного в субстрат золы, т.к. при добавлении золы в количестве: 150г/кг ТБО, активность полностью отсутствовала на всех стадиях развития компостируемого композита; 100 г/кг ТБО, обсемененность была отмечена в трех стадиях развития компостируемого субстрата на уровне второго (лаг, мезофильная) и первого (созревание) разведения, отсутствие обсемененности на стадии термофильного развития можно объяснить, на наш взгляд, действием

высокой температуры (60°C); 50 г/кг ТБО, активность была зафиксирована только на стадиях лаг (второй уровень разведения) и созревания (первый уровень разведения); если судить о степени изменчивости, то для микромицетов она была относительно высокой на всех стадиях, где был отмечен рост колоний на питательном плотном агаре.

В заключение также следует обратить внимание на скорость роста колоний на питательном плотном агаре. При изучении ОМЧ гетеротрофных бактерий, рост колоний в зависимости от стадии развития компостируемого субстрата был зафиксирован через 24 часа на таких фазах развития, как лаг, термофильная и созревание, а для мезофильной фазы рост колоний начался только через 72 часа культивирования. Рост колоний на плотном питательном агаре по колиморфным бактериям зафиксирован через 24 ч на стадиях лаг и термофильная и через 72 ч – на стадии мезофильного развития. По актиномицетам и микромицетам рост колоний на плотном питательном агаре был зафиксирован через 120ч на лаг фазе и через 72 часа для остальных фаз развития. Следовательно, можно заключить, что на начальных этапах развития компостного композита более активны медленно растущие таксоны,

тогда как на более поздних стадиях развития – быстрорастущие.

Таким образом, из полученных результатов вытекают следующие **выводы:** 1) для снижения ксенобиотической активности в компосте из ТБО и улучшения его санитарного состояния следует использовать золу, при этом оптимальное количество вносимого в субстрат золы, подтвержденное результатами исследования, должно составить 100 г/кг ТБО; 2) при внесении золы в компостируемый субстрат 100 г/кг ТБО: было достигнуто в зрелом компосте для одних веществ снижение на 5–28 % (Cr (17%), B (8%), Al (17%), Zn (28%), Co (26%), NO₃⁻ (21%), Fe_{total} (5%), CH₂O (28%)), для других – увеличение на 15-100 % (Cl⁻ (15 %), Cu (14 %), Ni (28 %), PO₄³⁻ (33 %), Ba (36 %), Mn (40 %), SO₄²⁻ (45 %), Se (83 %), Hg (100%)); не было устранено превышение ПДК для таких веществ, как Cd (9,7 ПДК в начале и 8,9 ПДК в конце процесса компостирования; активность снизилась на 8 %), Pb (1,3 ПДК, 1,25 ПДК; 5% соответственно) и CH₂O (7,6 ПДК, 5,4 ПДК; 28 % соответственно); активность исследуемыми таксонами была умеренной на всех стадиях развития компостируемого композита, а по санитарным показателям зрелый компост приобрел удовлетворительные качества.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шубарколь – черная жемчужина Сары-Арки [Электронный ресурс]. – URL: <http://novikovv.ru> – (дата обращения: 02.01.2016).
- [2] Толымбетов М.Ж. Технологические особенности выплавки металлургического кремния в Казахстане [Электронный ресурс] // Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030. – URL: <http://repo.kstu.kz> (дата обращения: 10.02.2016).
- [3] Никитишен В.И., Курганова В.Е. Плодородие и удобрение серых лесных почв ополей Центральной России. – М.: Наука, 2007. – 367 с.
- [4] Рочев В.А., Швейкина Р.В., Барсукова Г.А., Попова Н.Н. Влияние кремнегеля на агрохимические свойства почвы и урожай сельскохозяйственных культур // Питание растений и программирование сельскохозяйственных культур. Тр. Свердловского СХИ. Пермь, 1980. – Т. 60. – С. 61–68.
- [5] Knickmann E. Silizium und Pflanze // Landwirtsch. Forsch. 1962. – V. 15. – P. 130–134.
- [6] Орлов Д.С. Химия почв. – М.: МГУ, 1985. – 376 с.
- [7] Шишелова Т.И., Самусева М.Н., Шенькман Б.М. Использование ЗШО в качестве сорбента для очистки сточных вод [Электронный ресурс] // Современные наукоемкие технологии, 2008. – № 5. – С. 20-22. – URL: <http://www.top-technologies.ru> (дата обращения: 10.02.2016).
- [8] Джамалова Г.А. Антропогенная эпоха твердых коммунальных отходов // Известия СПбГТИ(ТУ), СПб-2013. – № 19 (45) – С. 93-97.
- [9] ГОСТ Р 55571-2013. Удобрения органические на основе твердых бытовых отходов. Технические условия.

- [10] Разнощик В.В. Ускоренное обезвреживание и переработка на органическое удобрение твердых бытовых отходов // Москва. 1970. – № 6/36-70. – 23 с.

REFERENCES

- [1] *Shubarkol – chernaya zhemchuzhina Sary-Arki* [in Russian: Shubarkol - the black pearl of Sary-Arka]. – URL: <http://novikovv.ru> – (data obrashheniya: 02.01.2016).
- [2] Tolymbetov M.Zh. *Texnologicheskie osobennosti vyplavki metallurgicheskogo kremniya v Kazakhstane* // Nauka i obrazovanie – vedushhij faktor strategii «Kazaxstan – 2030. – URL: <http://repo.kstu.kz> (data obrashheniya: 10.02.2016).
- [3] Nikitishen V.I., Kurganova V.E. *Plodorodie i udobrenie seryx lesnyx pochv opolij Centralnoj Rossii.* – М.: Nauka, 2007. – 367 s.
- [4] Rochev V.A., Shvejkina R.V., Barsukova G.A., Popova N.N. *Vliyanie kremnegelya na agroximicheskie svoystva pochvy i urozhaj selskoxozyajstvennyx kultur* //Pitanie rastenij i programmirovaniye selskoxozyajstvennyx kultur. Tr.Sverdlovskogo SXI. Perm, 1980.– Т.60.– S.61–68.
- [5] Knickmann E. *Silizium und Pflanze* // Landwirtsch. Forsch. 1962. – V. 15. – P. 130–134.
- [6] Orlov D.S. *Ximiya pochv.* – М.: MGU, 1985. – 376 s.
- [7] Shishelova T.I., Samuseva M.N., Shenkman B.M. *Ispolzovanie ZShO v kachestve sorbenta dlya ochistki stochnyx* // Sovremennye naukoemkie texnologii, 2008. – № 5. – S. 20-22. – URL: <http://www.top-technologies.ru> (data obrashheniya: 10.02.2016).
- [8] Dzhamalova G.A. *Antropogennaya epoxa tverdyx kommunalnyx otxodov* // *Izvestiya SPbGTI(TU)*, SPb-2013. – № 19 (45) – S. 93-97.
- [9] GOST R 55571-2013. *Udobreniya organicheskie na osnove tverdyx bytovyx otxodov. Texnicheskie usloviya.*
- [10] Raznoshhik V.V. *Uskorennoye obezvrezhivaniye i pererabotka na organicheskoye udobreniye tverdyx bytovyx otxodov* // Moskva. 1970. – № 6/36-70. – 23 s.

ТЕХНОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КСЕНОБИОТИКОВ И МИКРОБИОЦЕНОЗА ВО ВРЕМЕНИ В КОМПСТИРУЕМОМ МОДЕЛЬНОМ КОМПОЗИТЕ «ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ + ЗОЛА»

Джамалова Гуля Абаевна, ассоциированный профессор, канд. с-хоз. наук, доцент, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан e-mail: j.ga@bk.ru

Гарабаджиу Александр Васильевич, д-р хим. наук, проф., проректор по научной работе, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (СПбГТИ) г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: gar-54@mail.ru

Джолдыбаева Сания Муратқызы, магистр технических наук, ТОО «Научно-диагностический центр «Animal Expert Group», г. Алматы, Казахстан, joldybayeva.s@mail.ru

Сериков Темирлан Айдарович, магистрант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан, e-mail: s_tima@bk.ru

««ТҰРМЫСТЫҚ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАР + КҮЛ» КОМПСТАЛАНАТЫҢ МОДЕЛЬДІ КОМПОЗИТТЕГІ КСЕНОБИОТИКТЕР МЕН МИКРОБИОЦЕНОЗДАРДЫҢ УАҚЫТТАҒЫ ТЕХНОГЕНДІК ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ

Джамалова Гуля Абаевна, қауымдастырылған профессор, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, доцент, Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ., e-mail: j.ga@bk.ru

Гарабаджиу Александр Васильевич, химия ғылымдарының докторы, профессор, ғылыми жұмыс жөніндегі проректор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты, Санкт-Петербург, РФ, e-mail: gar-54@mail.ru

Джолдыбаева Сания Мұратқызы, техника ғылымдарының магистрі, "Animal Expert Group" ғылыми-диагностикалық орталығы" ЖШС Алматы қ., e-mail: joldybayeva.s@mail.ru

Сериков Темирлан Айдарович, биотехнология мамандығы бойынша Қ. И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің магистранты Алматы қ. s_tima@bk.ru

Андағна. "моТБО+күл" компостерленетін композитіндегі уақыттағы ксенобиотиктер мен микробиоценоздың техногенді трансформациясын зерттеу бойынша тәжірибелік зерттеу нәтижелері келтіріледі. ТҚҚ аэробтық ыдырау процесінде ТҚҚ-ға 100 г/кг ТҚҚ күл қосылған

кезде жақсы нәтижелерге қол жеткізуге болады. Мұндай арақатынас компосталанатын композит үшін екі өлшемшарты бойынша оңтайлы шешімді қамтамасыз етеді. Біріншісі - ксенобиотиктердің белсенділігін 4-28% -ға дейін қысқартағы (жиырма зерттеуден он біреуі үшін). Екіншіден, компосттың санитарлық жағдайын жақсартарды.

Түйін сөздер: қатты тұрмыстық қалдықтар, ксенобиотиктер, микроорганизмдер, компост, күл.

Подписано в печать 29.04.2020 г. Формат 70x100¹/₁₆
Объем 335 стр. Заказ № 971. Тираж 500 экз.
Бумага офсетная 80 г.
Отпечатано в ТОО «Power Print»
Адрес: г. Алматы, ул. Мауленова, 110. Тел. +7 (727) 390-75-36