



QazATK

ISSN 1609-1817

М. ТЫНЫШБАЕВ атындағы
ҚАЗАҚ КӨЛІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Казакской академии транспорта
и коммуникаций имени
М. Тынышпаева

The BULLETIN

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



"Специальный выпуск научного журнала «Вестник КазАТК», посвященный 140-летию первого инженера-путейца Казахстана Мухамеджана Тынышпаева". (Том 1)

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

Редакциялық кеңес

Б.Е. Аркенов (т.ғ.к.,)
 Президент-ректор
 ҚазККА
 К.Е. Альмагамбетов
 «КТЖ» ҰК» АҚ
 Басқарма
 төрағасының бірінші
 орынбасары
 Б.П. Урынбасаров
 Инфрақұрылым
 жөніндегі басқарушы
 директор, «КТЖ»
 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.,
 Силестехникалық
 университеті,
 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 том (Арнайы шығарылым)

МАЗМҰНЫ

IPS-MG 4.03 электронды өлшегіш бетон беріктігін есептегіш құралмен бетонның беріктігін анықтау	
И.С. Бондарь, З.Д. Тюлюбаева, А.К. Джалаиров	13-19
КПП-5 теміржол аралық бекітілген жолдың жоғарғы төсем элементтерінің еркін тербеліс мәселесі	
М.Я. Квашнин, Ж.З. Аймурзаева, П.Т. Ахметова.....	19-29
Ірі қалалардағы жер асты кеңістігін игерудің мәселелері мен перспективалары	
И.А. Базанова, С.М. Калиев, С.К. Татищев	29-37
Темір жол көпірінің жақын үйіндісі топырағының тербелісін талдау	
И.С. Бондарь, З.Д. Тюлюбаева.....	37-41
Түрлі функционалдық мақсаттағы жабындарды жағу үшін жоғары энергия кернеуін өндіретін дірілдеткіш қондырғысын әзірлеу	
А.Е. Тусупова, Г.С. Бихожаева, Г.Б. Карибаева.....	42-48
Температура және сыртқы күш әсер еткен кездегі тесіктері бар көпбайланысты сақиналы ауданның кернеулі күйін зерттеу	
Р.Ж. Жадраев.....	48-55
Қазақстан республикасы темір жолдарында қолданылатын жылжымалы құмдармен күреске арналған, жасанды қорғағыштар	
И.А. Базанова, С.Б. Шаяхметов.....	55-65
Материалдардың тозып қирауының негізгі ережелері	
А.Б.Жумасейтова, Ж.К.Аймурзаева, З.Д.Тюлюбаева.....	65-71
Пайдаланымдағы автомобиль жолының күйіне талдау	
Т.М.Дюсенгалиева, А.А.Утешбаева	71-77
Жол төсемінің жолтабанын фрезерлеу және оны шығару әдістеріне талдау шолу	
М.С. Кульгильдинов , Н.С. Камзанов, Э.А. Бегимкулова...	77-82
Алматы-1 станциясының схемасы бойынша теміржол бағыттағандық бұрмалардың техникалық жай-күйін талдау	
З.Д.Тюлюбаева, А.Б.Жумасейтова, Ж.К.Аймурзаева.....	83-91
Құрама аудан үшін серпімділік теориясының шеттік есебін потенциал теориясының шекаралық интегралдық тендеулер әдісімен шешу	
Р.Ж. Жадраев.....	91-96

Редакция алқасы

Б.Е. Аркенов (т.ғ.к.) –
 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

Құрастырмалы-шешілмелі торлы қардан қорғау қоршаулары	
И.А.Базанова, А.А.Утешбаева, Т.М.Дюсенгалиева, С.К. Татищев.....	97-103
Олигомерлер жағармайлар және жанар майлар үшін қоспаларға қажетті шикізат	
А.А. Мельдешов, С.К. Берсембаева	104-108
Жоғары осьтік жүктемесі бар жол мен жүк вагондарының динамикалық өзара әрекеттесу көрсеткіштері	
Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, А.К. Маханова.....	109-115
Қазақстан республикасында ауыр салмақты қозғалысты енгізу перспективалары	
Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, А.К. Маханова	116-126
Локомотивтерге сервистік қызмет көрсету кезінде инновациялық технологияларды қолдану	
С.С.Сундетов, А.У.Утепова, М.О.Мусабеков.....	126-130
Тұрақты контактілі бүйір тіректері бар рессорүсті арқалықтардың кернеулі жағдайын бағалау	
Е.Г. Адильханов, К.Б. Жакупов, Ш.А. Секерова.....	130-138
Хоппер вагондардың негізгі параметрлерін оңтайландыру мәселесін қарастыру	
Н.В. Ивановцева, Р.К. Кибитова, Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.З. Сулеева.....	138-144
Кірме жолдарда қозғалыс қауіпсіздігін бағалаудың критерияларын белгілеу туралы	
К.Е. Жумангалиев, Р.Т. Акчабаев, Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева.....	145-153
Қаттылығы жоғары вагон дөңгелектерінің сапасын бақылау	
Р.К. Кибитова, М.Ж. Түркебаев, Н.З. Сулеева.....	154-162
Өмірлік циклдің құны негізінде локомотивтер паркін жаңарту тиімділігін бағалау	
Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В.Ивановцева, М.К. Шалабаев, А.К. Маханова,	162-167
Жол құрылысы жабдықтарын сақтау	
Б.Т. Копенов, К.А.Жусупов, М.Н.Есенгалиев	168-174
Құрылыс және жол техникасына фирмалық қызмет көрсету жүйесін дамытудағы техникалық сервистің рөлі	
Б.Т. Копенов, К.А.Жусупов, М.Н. Есенгалиев	174-180
Микрориблеттер – көлік құралдарының аэродинамикалық үйкеліс кедергісін басқарудың құралы ретінде	
О.И. Чуркина.....	180-190
Инерциялы роторлы жебелі экскаваторлардың жұмыс жабдықтарының динамикалық жүктемелерін зерттеу	
К.А.Жусупов, М.Н.Есенгалиев, Б.Т. Копенов.....	190-197

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

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

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

Түсті металдар мен қорытпаларды сығымдаудың құрамдастырылған және бірлескен тәсілдерін дамыту К.К. Нурахметова.....	197-207
Жолтабанды фрезерлеуді автоматты басқару технологиясы мен алгоритмдерін жетілдіру жолдары М.С. Кульгильдинов, Н.С. Камзанов, Э.А. Бегимкулова.....	207-214
Көше қиылыстарында көлік ағынының кептелісінің пайда болуын модельдеу Ж.Г.Жанбыров, Л.К.Бекмагамбетова, Г.Е.Жуматаева.....	215-227
Дара жолдардың техникалық технологиялық параметрлерінің даму кезеңін оңтайландырудың критериялық функциясы Т.А. Абзалиева, М.Н. Айкумбеков, М.М. Нуржаубаев С.Е. Бекжанов.....	227-235
Графиктің қатты желілері бойынша жүк поездарының қозғалысы кезінде поезд ағынын қалыптастыру станциясының жұмысын оңтайландыру М.Н.Айкумбеков, Ж.Д. Садвакасова, С.Е. Бекжанова.....	236-240
Динамикалық болжау әдісімен транзитті оңтайландырудың математикалық моделі Х.Т. Акчабаев, А.Д. Камзина, Абибуллаев С.Ш., Р.С. Олжабаева.....	240-248
Контейнерлік терминалдар желісін оңтайландыру Х.Т. Акчабаев, М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина, С.Е. Бекжанова.....	248-252
Пакеттегі пойыздарды үш блокты ажырату кезінде блок-телім ұзындығының және пойыздардың жүру жылдамдығының пойызд аралық интервалына тәуелділігін анықтау Ж.Е. Шукаманов, Л.В. Вахитова, О.Г. Киселева.....	252-258

Баспаға қол қойылған күні 18.10.2019 ж. Тираж 500 дана. Тапсырыс № 693

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

**Редакционный
совет**

Б.Е. Аркенов (к.т.н.)
Президент-ректор
КазАТК
К.Е. Альмагамбетов
Первый заместитель
Председателя
Правления АО «НК
«КТЖ»
Б.П. Урынбасаров
Управляющий
директор по
инфраструктуре,
директор филиала АО
«НК «КТЖ» - «ДРЖС»
В.Н. Глазков (к.т.н.,
проф., МИИТ,
Россия)
Б.Б. Телтаев(д.т.н.,
проф., АО
«КаздорНИИ», 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-призидент АО
«KTZ Express»)
Ж.Т. Нурсейтов
(д.э.н., проф.,
АО «ВЖД»)
К.П. Шенфельд
(д.т.н., проф.,
ВНИИЖТ, Россия)

ВЕСТНИК

(Спец. выпуск) Том 1

Казахской академии транспорта и коммуникаций
имени М. Тынышпаева

СОДЕРЖАНИЕ

Определение прочности бетона электронным измерителем прочности бетона «ИПС-МГ 4.03» И.С. Бондарь З.Д. Тюлюбаева А.К. Джалаиров	13-19
К вопросу свободных колебаний элементов верхнего строения пути с промежуточным рельсовым скреплением КПП-5 М.Я. Квашнин, Ж.К. Аймурзаева, П.Т. Ахметова.....	19-29
Проблемы и перспективы освоения подземного пространства в крупных городах И.А. Базанова С.М. Калиев С.К. Татищев.....	29-37
Анализ колебаний грунта подходной насыпи железнодорожного моста И.С. Бондарь З.Д. Тюлюбаева	37-41
Разработка вибрационной установки, генерирующей высокое энергонапряжение для нанесения покрытий различного функционального назначения А.Е. Тусупова, Г.С. Бихожаева , Г.Б. Кармбаева.....	42-48
Исследование напряженного состояния многосвязной кольцевой области с отверстиями при воздействии температуры и внешней силы Р.Ж. Жадраев.....	48-55
Искусственные защиты, применяемые на железных дорогах Республики Казахстан для борьбы с подвижными песками И.А. Базанова, С.Б. Шаяхметов.....	55-65
Основные положения усталостного разрушения материалов А.Б.Жумасейтова, Ж.К.Аймурзаева, З.Д.Тюлюбаева	65-71
Анализ состояния автомобильных дорог, находящихся в эксплуатации Т.М.Дюсенгалиева, А.А.Утешбаева	71-77
Аналитический обзор методов фрезерования колеи дорожного покрытия и ее выпоров М.С. Кульгильдинов , Н.С. Камзанов, Э.А. Бегимкулова...	77-82
Анализ технического состояния железнодорожных стрелочных переводов по схеме станции Алматы-1 З.Д.Тюлюбаева, А.Б.Жумасейтова, Ж.К.Аймурзаева.....	83-91

**Редакционная
коллегия**

Б.Е. Аркенов (к.т.н.),
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»

Метод граничных интегральных уравнений теории потенциала в решении краевой задачи теории упругости для составной области Р.Ж. Жадраев.....	91-96
Сборно-разборные решетчатые снегозащитные ограждения И.А.Базанова, А.А.Утешбаева, Т.М.Дюсенгалиева С.К. Татищев.....	97-103
Олигомеры как сырье для присадок и масел А.А. Мельдешов, С.К. Берсембаева	104-108
Показатели динамического взаимодействия пути и грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, А.К. Маханова.....	109-115
Перспективы внедрения тяжеловесного движения в Республике Казахстан Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В. Ивановцева, Д.Р. Пя.....	116-126
Применение инновационных технологии при сервисном обслуживании локомотивов С.С.Сундетов, А.У.Утепова, М.О.Мусабеков.....	126-130
Оценка продольных усилий между вагонами пассажирского поезда, движущегося в сошедшем состоянии Е.Г. Адильханов, К.Б. Жакупов, Ш.А. Секерова.....	130-138
Рассмотрение вопроса оптимизации основных параметров вагонов хопперов Н.В. Ивановцева, Р.К. Кибитова, Н.А. Токмурзина- Коберняк Н.З. Сулеева.....	138-144
Об установлении оценочных критериев безопасности движения на подъездных путях К.Е. Жумангалиев, Р.Т. Акчабаев, Н.А. Токмурзина- Коберняк, Н.В. Ивановцева.....	145-153
Контроль качества вагонных колес повышенной твердости Р.К. Кибитова, М.Ж. Түркебаев, Н.З. Сүлеева.....	154-162
Оценка эффективности обновления парка локомотивов на основе стоимости жизненного цикла Н.А. Токмурзина-Коберняк, Н.В.Ивановцева, М.К. Шалабаев, А.К. Маханова,	162-167
Техническое обслуживание дорожно-строительной техники Б.Т. Копенов, К.А.Жусупов, М.Н.Есенгалиев.....	168-174
Роль технического сервиса в развитии системы фирменного обслуживания строительной и дорожной техники Б.Т. Копенов, К.А.Жусупов, М.Н.Есенгалиев.....	174-180
Микрориблеты - как инструмент управления аэрогидродинамическим сопротивлением трения транспортного средства О.И. Чуркина.....	180-190

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
«Power print»
Юр.адрес: г.Алматы,
мкр. Алатау,
ул. Мираса, д.86.
Факт. адрес:
г.Алматы,
ул. Мауленова, 110

Исследование динамических нагрузок рабочего оборудования стреловых экскаваторов с инерционным ротором	
К.А.Жусупов, М.Н.Есенгалиев Б.Т. Копенов.....	190-197
Развитие комбинированных и совмещенных способов прессования цветных металлов и сплавов	
К.К. Нурахметова.....	197-207
Пути совершенствования технологии и алгоритмов автоматического управления фрезерованием колеи	
М.С. Кульгильдинов Н.С. Камзанов Э.А. Бегимкулова	207-214
Моделирование появления заторов транспортного потока на перекрестках улицы	
Ж.Г.Жанбыров, Л.К.Бекмагамбетова, Г.Е.Жуматаева.....	215-227
Критериальная функция оптимизации этапности развития технико-технологических параметров однопутных линий	
Т.А. Абзалиева, М.Н. Айкумбеков, М.М. Нуржаубаев, С.Е. Бекжанова	227-235
Оптимизация работы станции формирования поездопотока при движении грузовых поездов по твердым ниткам графика	
М.Н.Айкумбеков, Ж.Д. Садвакасова, С.Е. Бекжанова	236-240
Математическая модель оптимизации транзитности методом динамического прогнозирования	
Х.Т. Акчабаев, А.Д. Камзина, Абибуллаев С.Ш., Р.С. Олжабаева.....	240-248
Оптимизация сети контейнерных терминалов	
Х.Т. Акчабаев, М.Н. Айкумбеков, А.Д. Камзина, С.Е. Бекжанова.....	248-252
Определение зависимости длины блок-участка и ходовой скорости на межпоездной интервал при трехблочном разграничении поездов в пакете	
Ж.Е. Шукманов, Л.В. Вахитова, О.Г. Киселева.....	252-258

Подписано в печать 18.10.2019 г. Тираж 500 экз. Заказ № 693

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

Editorial Council

B.E. Arkenov
 (Cand.Sci.(Eng.)
 Rector KazATC
 K.E. Almagambetov
 First Deputy Chairman
 of the Board of JSC
 "NC" KTZH "
 B.P. Urynbassarov (
 Managing Director for
 Infrastructure, Director
 of the branch of JSC
 "NC" KTZh "«DMS »
 V.N. Glazkov
 (Cand.Sci.(Eng.)
 professor., MIT,
 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. Śładkowski
 (Dr.Sci.(Eng.),
 professor, Silesian
 University of
 Technology, Poland)
 R.B. Botabekov
 (Dr.Sci.(Eng.)
 LLP«Turan Express»
 Passenger Compan)
 N.K. Igembayev
 (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

The BULLETIN

(Special issue) Vol. 1
of Kazakh Academy of Transport and Communications
named after M.Tynshpayev

CONTENTS

Determination of strength of concrete electronic meter of concrete strength “of IPS- MG 4.03”	
I.S. Bondar Z.D.Tylyubayeva A.K. Jalairov	13-19
To the question of free oscillations of upper structures with intermediate rail staples kpp-5	
M.J. Kvashnin J.K. Aimurzayeva P.T, Ahmetova	19-29
Problems and prospects for the development of underground space in the cities	
I.A. Bazanova S.M. Kaliyev S.K. Tatishev.....	29-37
Analysis of soil vibrations of the approach embankment of the railway bridge	
I.S. Bondar Z.D.Tylyubayeva.....	37-41
Development of vibration plant generating high energy voltage for coating of various functional purposes	
A.E. Tussupova G.S. Bikhzhayeva G.B. Karybaeva.....	42-48
Investigation of the stressed state of a multiply connected annular area with holes when exposed to temperature and external force	
R.Z. Zhadraev	48-55
Artificial protections applied on the railways of the republic of kazakhstan for the fight against mobile sands	
I.A. Bazanova S.B. Shayakhmetov.....	55-65
Substantive provisions of tireless destruction of materials	
A.B. Zhumaseitova J.K. Aimurzayeva Z.D.Tylyubayeva	65-71
Analysis of the validity of using automobile path	
T.M. Dyusengalieva A.A. Uteshbaeva.....	71-77
Analytical review of methods of milling of a track of a road surface and its bulges	
M.S. Kulgildinov N.S. Kamzanov E.A. Begimkulova.....	77-82
Analysis of the technical condition of railway switches according to the scheme of ALMATY-1 station	
Z.D.Tylyubayeva A.B. Zhumaseitova J.K. Aimurzayeva	83-91
The method of boundary integral equations of the potential theory in the solution of the boundary value of the elasticity theory for the composite area	
R.Z. Zhadraev	91-96
Assembly-dismountable latted snow-protective protections	
I.A. Bazanova A.A. Uteshbaeva T.M. Dyusengalieva S.K. Tatishev.....	97-103

Editorial Staff

B.E. Arkenov
 (Cand.Sci.(Eng.),
 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. Izteleuova
 (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 adress:

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.Tynyshpayev»

Oligomers as raw materials for additives and oils	
A.A. Meldeshov S.K. Bersembayeva	104-108
Indicators of dynamic interaction between the road and freight wagons with high axial load	
N.A. Tokmurzina-Kobernyak N.V. Ivanovcheva	
A.K. Makhanova	109-115
Prospects for the introduction of heavy traffic in the republic of Kazakhstan	
N.A. Tokmurzina-Kobernyak N.V. Ivanovcheva D.R. Pya.....	116-126
Application of innovative technologies in locomotive service	
S.S. Sundetov A.U. Utepova M.O. Musabekov	126-130
Estimation of longitudinal forces between the cars of a passenger train moving in the derailed condition	
E.G. Adilkhanov, K.B. Zhakupov, Sh.A. Sekerova	130-138
Consideration of optimization of the main parameters of hopper cars	
N.V. Ivanovcheva N.A. Tokmurzina-Kobernyak	
R.K. Kibitova N.Z. Suleeva.....	138-144
About establishment of estimated criteria of traffic safety on access roads	
K.E. ZHumangaliyev R.T. Akchabaev, N.A. Tokmurzina-Kobernyak, N.V. Ivanovcheva.....	145-153
Quality control of wagon wheels of increased hardness	
R.K. Kibitova, M. ZH. Turkebaev N.Z. Suleeva.....	154-162
Evaluation of locomotive fleet renewal efficiency based on life cycle cost	
N.A. Tokmurzina-Kobernyak, N.V. Ivanovcheva, M.K. Shalabaev, A.K. Makhanova.....	162-167
Road maintenance maintenance	
B.T. Kopenov, K.A. Zhussupov, M.E. Yessengaliyev	168-174
Role of technical service in the development of the company system of service of construction and road equipment	
F.U. Malikova, A.B. Baimukhanova, G.A. Omarbekova.....	174-180
Optimal resource allocation in continuous production	
B.T. Kopenov, K.A. Zhussupov, M.E. Yessengaliyev.....	180-190
Microriblets as instrument of control of aerodynamic drag reduction of transport vehicle	
O.I. Churkina	109-115
Study of dynamic loads of working equipment of boom excavators with inertial rotor	
K.A. Zhussupov, M.E. Yessengaliyev B.T. Kopenov	190-197
Development of combined and combined methods of pressing non-ferrous metals and alloys	
K.K. Nurahmetova	197-207
Ways to improve technology and algorithms automatic control of the milling track	
M.S. Kulgildinov, N.S. Kamzanov E.A Begimkulova	207-214
Modeling of the congestion traffic at the intersections	
J.G. Janbirov L.K. Bekmagambetova G.E. Zhumatayeva	215-227

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.

**Criterial function of optimization of the stage of
development of technical and technological parameters of
single-line lines**

T.A. Abzalieva M.N. Aikumbekov M.M. Nurzhaubaev,
S.E. Bekzhanova 227-235

**Optimization of work of station of formation of a train
flow at movement of freight trains on firm threads of the
schedule**

ZH.D. Sadvakassova M.N. Aikumbekov
S.E. Bekzhanova..... 236-240

**Mathematical model of optimization of transitivity by
dynamic forecasting method**

H. Akchabaev, A. Kamzina, S. Abibullaev, R. Oljabaeva..... 240-248

Optimization of container terminal network

H.T. Akchabaev, M.N. Aikumbekov, A.D. Kamzina,
S.E. Bekzhanova 248-252

**Determination of dependence of length of a block-site and
running speed on an inter-train interval at three-block
differentiation of trains in a package**

ZH.E. Shukamanov L.V. Vakhitova O.G. Kiseleva 252-258

Signed to print: 18.10.2019. Circulation: 500 copies. Order № 693

ҚАЗАҚТЫҢ ТҰҢҒЫШ ТЕМІРЖОЛ ИНЖЕНЕРІ М.ТЫНЫШБАЕВҚА – 140 ЖЫЛ!

Биыл Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы есімін иеленген Алаштың асыл ұлдарының бірі Мұхаметжан Тынышбаевтың 140 жылдық мерейтойын атап өтуде. Тоқсан жылға жуық тарихы бар оқу ордасы еліміздің көліктік-коммуникациялық кешеніне, оның ішінде, темір жол мен автожол көліктері, сондай-ақ, телекоммуникация салалары бойынша білікті мамандар дайындайтын арнайы маманданған жетекші жоғары оқу орны болып табылады. Қазіргі таңда академия түлектерінің басым көпшілігі «Қазақстан темір жолы» АҚ, «Қазавтожол» АҚ, «Қазақтелеком» АҚ, «Транстелеком» АҚ, «Қазпочта» АҚ, «КЕГОК» АҚ және тағы да басқа ірі Ұлттық компанияларда және олардың филиалдарында қызмет атқаруда.

Тек еліміз Тәуелсіздік алғаннан кейін ғана М.Тынышбаевтың асыл есімі мен ғылыми мұрасы халқымен қайта қауышты, ол туралы ғылыми-зерттеу еңбектері мен көркем шығармалар жарық көре бастады. Бұл ретте бүгінгі рухани жаңғыру мәселелерін шындап қолға алған шақта Тынышбаевтың әлі де ашылмаған қайраткерлік қырлары талай зерттеулерге арқау болары сөзсіз. Көрнекті қоғам және мемлекет қайраткері, тарихшы-ғалым өз заманында әр түрлі салада аянбай еңбек етіп, бар күшін халықтың тарихи санасын қалыптастыруға жұмсап, ғылыми-зерттеу жұмыстарымен айналысты. Қазақ халқының арғы-бергі тарихына қалам тартып, заманының өзекті мәселелерін шешуге арналған, бүгінгі күндері де маңызын жоймаған зерттеу еңбектерін жариялады. Ол - қазақ халқының саяси-әлеуметтік, мәдени-рухани тарихында мәңгі өшпестей із қалдырған ұлы тұлға.

М.Тынышбаев 1926 жылдан бастап Тұрар Рысқұловтың қолдауымен Түркістан-Сібір жолын салуға белсене қатысқандығын бүгінгі теміржолшылар ұрпақтары ретінде айтып кетуге тиіспіз. Мұхаметжан Тынышбаевтың есімін шартарапқа кеңінен әйгілеп, атын аңызға айналдырған, халық жадына ұялатқан оның әйгілі теміржолды салуға қосқан сүбелі үлесі, сіңірген ерен еңбегі еді. Дәл осы жолды салуда Мұхаметжан білікті инженер, ойлы экономист, іскер ұйымдастырушы, дарынды жобалаушы ретінде өзін әр қырынан көрсетіп, ерекше таныта білді. Ол Түркістан-Сібір темір жолы құрылысында жобалаушы-инженер, участок бастығы қызметін атқарды. Шындығында да дәл сол кезде Орта Азия мен Қазақ даласының жергілікті жағдайы мен жер бедерін Тынышбаевтай білетін маман Ресейде жоқ болатын. Мұхаметжан Түркістан-Сібір құрылысында алғаш рет аэрофотосуреттерді қолданған. Соған сүйене отырып, ұзындығы 50-60 метрлік бірнеше жерасты жолдарын салуды, сондай-ақ бір құрамға үш паровоз тіркеуді қажет ететін Қордай асуының орнына Шокпар жобасын ұсынады, себебі бұл жоба "тескен таулардың" есебінен 26 млн. сом үнемдеуге, әрі Қазақстанның алты облысын өзара жылдам байланыстыруға мүмкіндік берді.

Халқының ардақты ұлының есімін мәңгі сақтап, жазып кеткен еңбектерін насихаттау мақсатында академияда бүгінгі таңда қыруар жұмыстар атқарылған, оларды асыл азаматтың мерейтойлы жылында бір атап өткеніміз әбден орынды екендігі дау туғызбас деп ойлаймын.

Қазақтың тұңғыш темір жол инженері, аты аңызға айналған Түркістің Құрметті құрылысшысы, Алаштың ардақты азаматтарының бірі Мұхаметжан Тынышбаевтың есімі академиямызға 2000 жылы берілген болса, ал қоладан құйылған ескерткіші білім ордамыздың ғимараты алдына 2006 жылы қойылды. Тәрбие орталығы саналатын академияның тарихынан сыр шертетін музейде Тынышбаев мұрасы бір бөлмеге жинақталған.

Атаулы күнге байланысты өткізілген салтанатты жиында академия ректоры Берікбол Аркенов қазақтың біртуар перзенті туралы тебірене сөз сөйлеп, оның халыққа жасаған еңбегіне тоқталып өтті. Ардақты азаматтың ой арманы елімізде орындалып, шойын жолдың қызметі ел экономикасының дамуына зор үлес қосып отырғаны осыған дәлел екендігін көпшілікке жеткізді.

Салтанатта сөз алған Мұхаметжан Тынышбаевтың ұлы Дәулет Шейх Әли-Тынышбаев: «Дінмұхамед Қонаев өзін өмір бойы қазақтың тұңғыш инженері М.Тынышбаевтың рухы шабыттандырып келгенін үнемі айтып отырады екен. Сендерді де, студенттер, жастар, Тынышбаев есімі өмірде шабыттандырып жүрсін», - десе, немересі Елена Ескендірқызы атасының биік мақсатқа толы өмірі бүгінгі және ертеңгі жастар үшін жарқын үлгі екенін айтып, даңқты атасына арнап өзі шығарған жыр шумақтарын оқыды.

Мұхаметжанның тұлғасы мен тұрпаты, атқарған еңбектері, тірліктерінің ауқымы, қайраткерлік қарқыны, азаматтығы және біліміне сай біліктілігі, халқына адалдығы, елі мен жерін, ұлтын қалай жақсы көретіндігі бәрі-бәрі жастарға әрқашан үлгі. Атамыздың ғұлама ғалымдығы, тектілігі, парасаттылығы да өз алдына бір бөлек. Ертеде Тұрар Рысқұловқа Ташкентке оқуға баруы үшін қаражатпен көмек берген де осы М.Тынышбаев екен. Бұл туралы Т.Рысқұлов өзінің 1929 жылы жазған «Түркістан-Сібір» темір жолының тарихы мен тағдырын, келешегін қозғаған еңбегінде айтады.

Академиямызда әр жылғы сәуірде өтетін студенттер мен оқытушы-профессорлық құрамның "Көліктегі инновациялық технологиялар: білім, ғылым, тәжірибе" атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы да, «ҚазККА жаршысы» журналының арнайы саны да, студенттердің факультетаралық "Студенттік көктем-2019" фестивалі де, "Тынышбаев апталығы" атты мәнерлеп оқудан шығармашылық байқау да, студенттердің ғылыми-зерттеу жұмыстарының конкурсы мен республикалық пәнаралық олимпиадасы да биыл М.Тынышбаевтың 140 жылдығына арналды. Осы іс-шараларда студенттер арасындағы жеңімпаздардың барлығы да Мұхаметжан атамыздың суреті бейнеленген мақтау қағаздар және сыйлықтармен, ал білім беру саласында ерекше көзге түскен оқытушы-профессорлық құрамның бір тобы "М.Тынышбаев" төсбелгісімен марапатталды.

Тағы бір айта кететін жайт, академия студенттердің жатақхана тапшылығын сезбейтін қаладағы бірден-бір жоғары оқу орындарының бірі болып табылады. Мерейтойға сәйкес жатақхана тұрғындары арасында "Менің студенттік үйім - менің мақтанышым" тақырыбында жарыс өтіп, жеңімпаздар өз дәрежесінде марапатталды. Сонымен қатар мұнда салауатты өмір салтын насихаттау және қалыптастыру мақсатында түрлі іс-шаралар өткізіліп тұрады, себебі жатақханада оқу-жаттығу тренажерлары орналасқан спорттық зал жұмыс істеп тұр.

Жыл сайын түлектер диплом алу салтанатында, сонымен бірге білім күнінде және атамыздың туған күні 12 мамыр мен саяси қуғын-сүргін құрбандарын еске алу күні 31 мамырда студенттердің әр факультеттен құралған озат өкілдері М.Тынышбаев ескерткішіне гүл шоқтарын қойып, тұлғаның рухы мен халқы үшін атқарған еңбегіне бас иіп, тағзым ету академияда дәстүрге айналған.

Мұхаметжан атамыздың замандасы, Алаштың арысы Ахмет Байтұрсынұлы «Өткенді еске алған – өскендіктің белгісі, өткенді ұмытқан – өшкендіктің белгісі», - деп айтып кеткендей, халқымыздың әйгілі тұлғаларының елінің болашағы үшін жасаған құнды істерін ешқашан ұмытпай, өздерін жиі-жиі еске алып тұру – қазіргі ұрпақ парызы.

Ел тарихын атақты тұлғалар арқылы тану мүмкіндігі - тәуелсіздік жемістерінің бірі. М.Тынышбаев секілді әйгілі тұлғалардың өмір-тіршілігі, арман-аңсары - тірілер үшін ғибрат. Түптеп келгенде, өмірдің мәні де, сәні де оның сабақтастығында болса керек. Ілгергі буын бастаған өнегелі істер кейінгі буын арқылы жалғасын тауып жатса, өмірдің бағасы арта түседі және адамдар жүрегіне сенім мен мақтаныш сезімі ұялайды. Мұның барлығы өз кезегінде ұлттың мәдени-рухани ілгерілеуіне кепіл болуға тиіс.

Туған халқының болашағы үшін аянбай еңбек етіп, келер ұрпаққа үлгі боларлық тамаша іс, құнды еңбектер қалдырған Мұхаметжан Тынышбаев - халқымыздың тарихында өзіне лайық орны бар ірі тұлғалардың бірі болып мәңгілік қала бермек.



*Жүсіпов Кеңес Әмірләұлы т.ғ.к., М.Тынышбаев атындағы
Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы «Автомобильдер,
жол техникасы және стандарттау» кафедрасының ассоц. профессоры*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 13-19

DETERMINATION OF STRENGTH OF CONCRETE ELECTRONIC METER OF CONCRETE STRENGTH “OF IPS-4.03 MG”

Ivan Bondar, senior-lektor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; ivan_sergeevich_08@mail.ru

Tylyubayeva Zauresh, professor Kazakh Academy of transport and communications named. Almaty, Republic of Kazakhstan, merci-04@mail.ru.

Asylkhan Jalairov, doctor of technical sciences, professor, director of LLP “AZDI”.

Abstract: The article presents methods for determining the strength of concrete and the results of field tests of reinforced concrete beams 25 m and 30 m designed for light rail (LRT). Experimental data were obtained using the shock pulse method, electronic concrete strength meter IPS-MG 4.03. Detailed painted technique for determining the strength of concrete. An example of a full-scale experiment with calculated data is given. According to the data presented, the relevant conclusions are drawn. In the future, these results can be used in the design of similar structures. When monitoring the constructed ISSS, it will be easier to identify defects in the elements of reinforced concrete structures. The device IPS-MG4.03 is designed for operational non-destructive testing of strength and homogeneity of concrete and mortar by shock pulse according to GOST 22690. The scope of the device-determination of the strength of concrete, mortar in the construction industry and construction projects, as well as in the survey of buildings and structures. The device can be used to control the strength of bricks and building ceramics, also allows you to evaluate the physical and mechanical properties of building materials in samples and products (strength, hardness, elastic and plastic properties), to identify irregularities, areas of poor compaction, etc.

Unlike analogues, the device is equipped with:

- input device for the coefficient of coincidence KS operational clarification of basic calibration characteristics in accordance with Annex G GOST 22690;
- device marking measurements of the type of controlled product (beam, plate, truss, etc.);
- function to exclude an erroneous intermediate value.

The device has a non-volatile memory, data transfer mode to the computer via USB-port and is equipped with a device for entering into the software device individual calibration dependencies set by the user.

Measurement of tensile strength of concrete is applied on the controlled section of the product series of up to 15 strikes, the electronic control unit the parameters of the impulse coming from the sclerometer, hardness and evaluates the elastic-plastic properties of the material under test, converts the parameter of the pulse in strength and calculates the corresponding concrete class.

Keyword: strength of concrete, beam superstructures, shock pulse method.

УДК 624.21:620.178

И.С. Бондарь¹, З.Д. Тюлюбаева¹, А.К. Джалаиров²

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

²Товарищество с ограниченной ответственностью «АЗДИ», г. Алматы, Казахстан,

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЕМ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА «ИПС-МГ 4.03»

Аннотация. В статье представлены метод определения прочности бетона и результаты натурных испытаний железобетонных балок 25м и 30м, предназначенных под легкорельсовый транспорт (ЛРТ). Экспериментальные данные получены с помощью метода ударного импульса, электронным измерителем прочности бетона ИПС-МГ 4.03. Подробно расписана методика определения прочности бетона. Приведен пример натурального

эксперимента с расчетными данными. По представленным данным сделаны соответствующие выводы. В дальнейшем эти результаты могут быть использованы при проектировании схожих конструкций. При осуществлении мониторинга построенных ИССО упростится выявление дефектов в элементах железобетонных конструкций.

Ключевые слова: прочность бетона, балочные пролетные строения, метод ударного импульса.

В г. Нур-Султане компания «Астана LRT» при столичном управлении пассажирского транспорта реализует проекты в транспортной системе столицы: создание новой транспортной системы Астаны, которая включает в себя систему легкорельсового транспорта (ЛРТ) и интеллектуальную транспортную систему (ITS); модернизацию транспортного комплекса Астаны; реализацию инновационных проектов в транспортной отрасли с применением новых технологий.

Транспортная система ЛРТ в г. Нур-Султане будет эстакадной, опоры установят на протяжении всех 22 километров пути, а вагоны будут ходить высоко над землёй. Похожим образом сегодня прибывают поезда на новый железнодорожный вокзал «Нурлы Жол», хотя технически эти линии имеют мало общего, разве, что «Нурлы Жол» станет одной из конечных остановок ЛРТ, а другой конечной будет аэропорт г. Нур-Султана.

Заказчиком выступает «Astana LRT», подрядчиком - консорциум компаний «BESAM», «CRIC 2» и «CRAEC», а субподрядчиком – «Китайская шестая инженерно-строительная корпорация». Руководителя проекта консультирует французская компания

«SYSTRA», а технический надзор осуществляет казахстанский филиал французского «Бюро ВЕРИТАС».

Испытательная лаборатория «Испытания пути и искусственных сооружений» (ИЛ «ИПиИС») при АО «Казахская академия транспорта и коммуникаций им М. Тынышпаева» участвовала в проведении испытаний предварительно напряженных железобетонных балок корытного сечения на прочность, жесткость и трещиностойкость, согласно ГОСТ 8829-94 [1]. Одной из поставленных задач было определение фактической прочности бетона железобетонных балок ЛРТ длиной 25 м и 30 м.

В день испытаний определялась фактическая прочность бетона опытного изделия. Прочность бетона оценивалась методом ударного импульса при помощи электронного измерителя прочности бетона ИПС-МГ 4.03, ГОСТ 22690-2015 [2], разработанного ООО «СКБ» Стройприбор» (г. Челябинск, РФ), проверенного в Алматинском филиале АО «НацЭкС», сертификат №ВА-03-02-9847. Оценка прочности бетона произведена в соответствии с требованиями ГОСТ 18105-2010 [3].



Рис. 1 - Общий вид прибора ИПС-МГ4.03
Fig.1 - General view of the device IPS-MG4.03

Прибор **ИПС-МГ4.03** предназначен для оперативного неразрушающего контроля прочности и однородности бетона и раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690. Область применения прибора - определение прочности бетона, раствора на предприятиях стройиндустрии и объектах строительства, а также при обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений. Прибор может применяться для контроля прочности кирпича и строительной керамики, также позволяет оценивать физико-механические свойства строительных материалов в образцах и изделиях (прочность, твердость, упруго-пластические свойства), выявлять неоднородности, зоны плохого уплотнения и др.

В отличие от аналогов, прибор снабжен:

- устройством ввода коэффициента совпадения K_c для оперативного уточнения базовых градуировочных характеристик в

соответствии с Приложением Ж ГОСТ 22690;

- устройством маркировки измерений типом контролируемого изделия (балка, плита, ферма и т.д.);
- функцией исключения ошибочного промежуточного значения.

Прибор имеет энергонезависимую память, режим передачи данных на компьютер через USB-порт и снабжен устройством ввода в программное устройство индивидуальных градуировочных зависимостей, установленных пользователем.

Измерение прочности бетона заключается в нанесении на контролируемом участке изделия серии до 15 ударов, электронный блок по параметрам ударного импульса, поступающим от склерометра, оценивает твердость и упругопластические свойства испытываемого материала, преобразует параметр импульса в прочность и вычисляет соответствующий класс бетона.

Таблица 1 – Технические характеристики измерителей прочности бетона
 Table 1 – Technical characteristics of concrete strength meters.

Наименование характеристик	ИПС-МГ4.03
Диапазон измерения прочности, МПа	от 3 до 100
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения прочности, %	± 8
Объем архивируемой информации, значений	15000
Количество индивидуальных градуировочных зависимостей, шт.	20
Количество базовых градуировочных зависимостей, шт.	44
Габаритные размеры, мм:	
- электронного блока	180x90x30
- склерометра	185x130x70
Масса, кг, не более	0,77
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	3000
Средний срок службы, лет, не менее	10

Алгоритм обработки результатов измерений включает:

- усреднение промежуточных значений;
- сравнение каждого промежуточного значения со средним, с последующей отбраковкой аномальных значений;
- усреднение оставшихся после отбраковки промежуточных значений;

- индикацию и запись в память конечного значения прочности и класса бетона.

Модификация **ИПС-МГ4.03** дополнительно оснащена функцией вычисления класса бетона В с возможностью выбора коэффициента вариации, снабжена 44 базовыми градуировочными характеристиками, учитывающими вид бетона, имеет подсветку дисплея, часы реального

времени, функцию просмотра промежуточных значений прочности бетона и оснащена возможностью уточнения базовых градуировочных характеристик в зависимости от условий твердения и возраста бетона.

На рисунке 2 показаны общий вид и загрузочная установка, (в качестве пригруза использовались пучки арматуры, общим весом около 500 т), а на рисунке 3 показаны места определения прочности бетона в балке и снятие показаний с прибора ИПС-МГ 4.03.

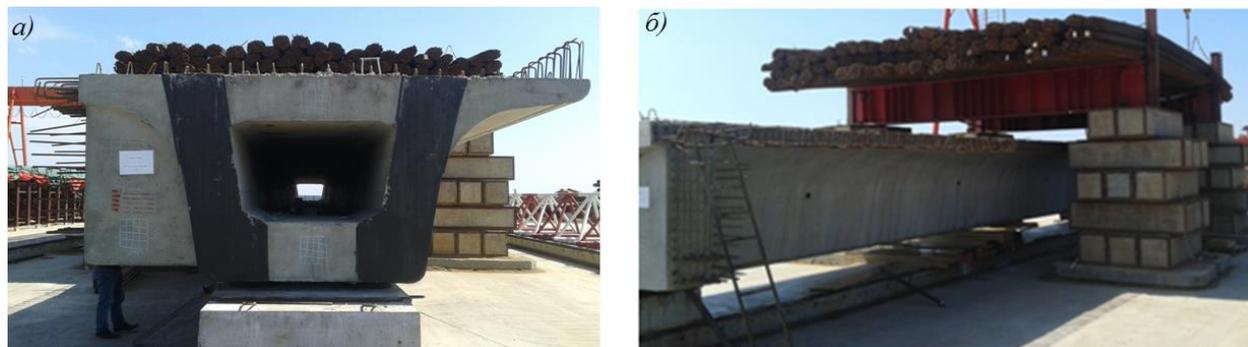


Рис. 2 – Общий вид железобетонной балки
а) вид с торца железобетонной балки;
б) вид с боку железобетонной балки и загрузочной установки.

Fig. 2 - General view of reinforced concrete beams
a) reinforced concrete beam end view
b) view from the side of a reinforced concrete beam and loading installation.



Рис. 3 – Получение данных при помощи электронного измерителя прочности бетона ИПС-МГ 4.03
а) места определения прочности бетона в балке; б) работа с прибором

Fig. 3 – Data acquisition using an electronic concrete strength meter IPS-MG 4.03
a) places for determining the strength of concrete in the beam; b) work with the device

На рисунке 3 (а и б) кружками красного цвета выделены места (№2 - №5) определения прочности на балке ЛРТ, всего 37 областей. Сначала наносился шаблон (область из 16 равных квадратиков), в котором потом пробивались 15 ударов. Перед проведением эксперимента необходимо настроить прибор ИПС-МГ 4.03, выбирается испытуемый материал, количество суток готового образца,

направление ударного импульса и т.д. После пробивки прибор по 15-ти значениям вычисляет R_i для выбранной области. Далее, используя коэффициенты: вариации, Стьюдента и Романовского для исключения значимых погрешностей в конечном результате.

В качестве примера рассмотрим данные, полученные в результате проведения испытаний 37 мест (№1 - №37)

на тридцатиметровой балке, испытаний в произвольной
 предназначенной под легкорельсовый последовательности даны в таблице 2.
 транспорт из тяжёлого бетона, результаты

Таблица 2 - Результаты испытаний железобетонной балки ЛРТ длиной 30 м.
 Table 2 - Test results of a reinforced concrete beam LRT with a length of 30 m.

№ области (места)	R_i , кгс/см ²	$\Delta R_i = R_i - R_m$	$(R_i - R_m)^2$
1	78,0	5,86	34,333
2	73,2	0,86	0,739
3	75,6	3,46	11,968
4	70,7	-1,44	2,075
5	73,5	1,36	1,848
6	74,7	2,56	6,551
7	73,1	0,96	0,921
8	72,2	0,06	0,004
9	71,8	-0,34	0,116
10	69,4	-2,74	7,511
11	73,9	1,76	3,096
12	71,1	-1,04	1,083
13	75,9	3,76	14,134
14	75,4	3,26	10,624
15	74,3	2,16	4,663
16	78,4	6,26	39,181
17	73,7	1,56	2,432
18	68,7	-3,44	11,837
19	77,5	5,36	28,724
20	74,4	2,26	5,105
21	71,8	-0,34	0,116
22	76,8	4,66	21,711
23	69,1	-3,04	9,245
24	69,7	-2,44	5,956
25	72,6	0,46	0,211
26	66,3	-5,84	34,112
27	69,4	-2,74	7,511
28	71,2	-0,94	0,885
29	69,5	-2,64	6,972
30	71,5	-0,64	0,410
31	71,5	-0,64	0,410
32	70,9	-1,24	1,539
33	66,6	-5,54	30,698
34	66,7	-5,44	29,599
35	70,9	-1,24	1,539
36	70,9	-1,24	1,539
37	68,5	-3,64	13,254

Требуется определить класс бетона по прочности на день испытания и соотнести его со стандартным по СНИП 2.03.01-84* [4] и [5].

В таблице 3 приведены результаты обработки опытных значений прочности

бетона. Опытный класс бетона балок ЛРТ в день испытаний составил: для 25 м В62,81 и для 30 м В67,29 [7], что в соответствии со стандартной классификацией прочность бетона принимается равной классу В60.

Таблица 3 – Данные по прочности бетона балок ЛРТ
 Table 3 – Strength data for concrete beams LRT

№ п/п	Наименование конструкции	Число опытных единичных значений, n	Среднее значение прочности бетона \bar{R} , МПа	Стандарт σ , МПа	Коэффициент вариации, V	Опытный класс бетона, B
1	2	3	4	5	6	7
1	Балка ЛРТ 25 м	31	67,97	3,03	0,05	62,81
2	Балка ЛРТ 30 м	37	72,14	3,13	0,04	67,29

Выводы. Для определения класса прочности бетона вполне пригоден электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ 4.03, основанный на методе ударного импульса.

Полученные данные по методике статистической обработки результатов испытаний соответствуют нормативным документам и могут использовать в расчетах искусственных сооружений на сейсмостойкость, а также в динамических

расчетах устойчивости для перспективной нагрузки.

Для хорошего содержания и нормальной работы искусственных сооружений, на магистральных линиях АО «НК «ҚТЖ», необходимо осуществлять периодические обследования и мониторинг напряженно-деформированного состояния искусственных сооружений под эксплуатационными нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 8829-94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости – М: ГОССТРОЙ РОССИИ, 1994.
- [2] ГОСТ 22690-2015, «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля» – Москва, 2016г.
- [3] ГОСТ 18105-2010, «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» - Москва, 2012г.
- [4] СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции» – М: ГОССТОЙ СССР – 1989.
- [5] Ф. Леонгардт, «Предварительно напряженный железобетон» – М: – 1983г.
- [6] Авдейчиков Г.В. Испытание строительных конструкций. – М: АСВ – 2009. – с. 159.
- [7] Бондарь И.С., Квашнин М.Я., Бихожаева Г.С. Определение фактической прочности бетона балки под легкорельсовый транспорт // Труды IX Международной научно-практической конференции «Транспорт Евразии XXI века: Современные цифровые технологии на рынке транспортных и логистических услуг». Алматы.: КазАТК им. М. Тынышпаева, 2018. – С. 456-460.

REFERENCES

- [1] GOST 8829-94 *Izdeliya stroitelnye zhelezobetonnye i betonnye zavodskogo izgotovleniya. Metody ispytaniy nagruzheniem. Pravila ocenki prochnosti, zhestkosti i treshinostojkosti* [In Russian: Prefabricated reinforced concrete and concrete products. Load test methods. Rules for evaluating the strength, stiffness and crack resistance] - M: GOSTSTOY RUSSIA, 1994.
- [2] GOST 22690-2015, *Betony. Opredelenie prochnosti mehanicheskimi metodami nerazrushayushego kontrolya* [In Russian: “Concretes. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing”]-Moscow, 2016.
- [3] GOST 18105-2010, *Betony. Pravila kontrolya i ocenki prochnosti* [In Russian: “Concretes. Rules of control and strength assessment”]- Moscow, 2012z
- [4] SNiP 2.03.01-84 * *Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii* [In Russian: "Concrete and reinforced concrete structures"] - M: GOSTOY USSR - 1989.
- [5] F. Leonhardt, *Predvaritelno napryazhennyj zhelezobeton* [In Russian: Pre-stressed Reinforced Concrete”] - M: - 1983.

- [6] Avdeychikov G.V. *Ispytanie stroitelnyh konstrukcij* [In Russian: Testing building structures.] - M: DIA - 2009. - p. 159.
- [7] Bondar I.S., Kvashnin M.Ya., Bikhozhaeva G.S. *Opreделение fakticheskoj prochnosti betona balki pod legkorelsovyj transport // Trudy IH Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Transport Evrazii XXI veka: Sovremennye cifrovye tehnologii na rynke transportnyh i logisticheskikh uslug* [In Russian: Determining the actual strength of concrete beams for light rail transport // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference "Transport of Eurasia of the XXI Century: Modern Digital Technologies in the Market of Transport and Logistic Services"]. Almaty.: KazATK named after M. Tynyshpaeva, 2018. - S. 456-460.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ЭЛЕКТРОННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЕМ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА «ИПС-МГ 4.03»

Бондарь Иван Сергеевич – сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, ivan_sergeevich_08@mail.ru

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна – профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, merci-04@mail.ru

Джалаиоров Асылхан Касенович – д.т.н., профессор, директор ТОО «АЗДИ».

IPS-MG 4.03 ЭЛЕКТРОНДЫ ӨЛШЕГІШ БЕТОН БЕРІКТІГІН ЕСЕПТЕГІШ ҚҰРАЛМЕН БЕТОННЫҢ БЕРІКТІГІН АНЫҚТАУ

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

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна – профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, merci-04@mail.ru.

Джалаиоров Асылхан Касенович – т.ғ.д., профессор, директор ЖШС «АЗДИ».

Андатпа. Мақалада бетонның беріктігін анықтау әдісі және жеңіл рельсті көлікке (LRT) арналған 25 м және 30 м темірбетонды арқалықтардың далалық сынақтарының нәтижелері көрсетілген. Эксперименталды мәліметтер соққыны импульстік әдіспен, IPS-MG 4.03 электронды бетон өлшеуішінің көмегімен алынды. Нанның беріктігін анықтау әдісі толық сипатталған. Есептелген мәліметтермен толық масштабты эксперименттің мысалы келтірілген. Ұсынылған мәліметтерге сәйкес тиісті қорытындылар жасалады. Болашақта бұл нәтижелерді ұқсас құрылымдарды жобалау кезінде қолдануға болады. Салынған ISSS мониторингін жүргізу кезінде темірбетон конструкцияларының элементтеріндегі ақауларды анықтау жеңілдетіледі.

Түйінді сөздер: бетонның беріктігі, сәуленің аралықтары, соққы импульсі әдісі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 19-29

TO THE QUESTION OF FREE OSCILLATIONS OF UPPER STRUCTURES WITH INTERMEDIATE RAIL STAPLES KPP-5

Mikhail Kvashnin, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; kvashnin_mj55@mail.ru

Zhazira Aimurzayeva, Cand.Sci.(Eng.), Assistant Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; aimurzaeva@mail.ru

Patam Ahmetova, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; patam67@mail.ru

Abstract. This paper presents the results of experimental studies of free vibrations of elements of the upper structure of the track with fastening of the KPP-5 type from a shock pulse. The energy aspects of shock excitation of bending vibrations in multilayer elastic structures are described in detail in [6,7].

The studies were carried out at the training site of the company Magnetic LLP, using a mobile vibration measuring complex. The complex consists of vibration velocity sensors (cycle meters) MV-25D-V, which convert the mechanical vibrations acting on them into an electrical signal. The conversion of the analog signal to digital form is carried out in the electronic block of the ADC (L-CARD company, model E-14-440). The collection of digital data from the ADC and the general measurement management are implemented using special software of a personal computer such as "Notebook".

To excite vibrations in the elements of the upper track structure, the following options were used: a) the vibrations were excited by hitting a rubber hammer weighing about 2 kg in the center of the rail between the sleepers; b) the oscillations were excited by hitting a rubber hammer weighing about 2 kg on a rail above the railroad tie. Oscillations of the upper structure of the path from the shock pulse are quite diverse in appearance and complex. By the nature of the vibration programs of vibrations of the elements of the upper structure of the path, one can judge the ability of the type of bonding used to absorb high-frequency vibrations.

The influence of a particular harmonic component on the nature of vibrograms can be estimated by plotting their spectral dispersion density. Evaluation of the work of the elements of the upper structure of the track with various types of fastenings can be performed by the vibro-impulse (shock) method according to the obtained vibrograms and their spectra.

Keywords: free vibrations of the elements of the upper structure of the track, vibration impulse shock, vibration program, spectrum, intermediate rail fastenings, sensors.

УДК 625.14: 625.041:625.042

М. Я. Квашнин¹, Ж.К. Аймурзаева¹, П.Т. Ахметова¹

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

К ВОПРОСУ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ РЕЛЬСОВЫМ СКРЕПЛЕНИЕМ КПП-5

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований свободных колебаний элементов верхнего строения пути со скреплением типа КПП-5 от ударного импульса. Колебания верхнего строения пути от ударного импульса имеют достаточно разнообразный вид и сложный характер. По характеру виброграмм колебаний элементов верхнего строения пути можно судить о способности используемого типа скрепления гасить высокочастотные вибрации.

Ключевые слова. свободные колебания элементов верхнего строения пути, виброимпульсный удар, виброграмма, спектр, промежуточные рельсовые скрепления, датчики.

Априори известно, что колебания, возникающие в элементах верхнего строения пути при прохождении поезда с нагрузкой, представляют собой группу периодических затухающих импульсов [1-5]. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований свободных колебаний элементов верхнего строения пути со скреплением типа КПП-5 от ударного импульса. Энергетические аспекты ударного возбуждения изгибных колебаний в многослойных упругих конструкциях подробно изложены в работах [6,7].

Исследования выполнялись на полигоне фирмы ТОО «Магнетик», с использованием мобильного виброизмерительного комплекса. Комплекс состоит из датчиков виброскорости

(велосиметров) МВ-25Д-В, которые преобразуют воздействующие на них механические вибрации в электрический сигнал. Преобразование аналогового сигнала в цифровую форму осуществляется в электронном блоке АЦП (фирмы «Л-КАРД», модель Е-14-440). Сбор цифровых данных с АЦП и общее управление измерениями реализуется при помощи специального программного обеспечения персонального компьютера типа «Notebook».

Для возбуждения колебаний в элементах верхнего строения пути, использовались следующие варианты:

а) возбуждение колебаний производилось ударом резинового молотка весом около 2 кг по центру рельса между шпалами;

б) возбуждение колебаний производилось ударом резинового молотка весом около 2 кг по рельсу над шпалой.

Для измерения колебаний элементов верхнего строения пути датчики устанавливались в шести различных точках: на наружной ветви упругой клеммы с внешней и внутренней стороны рельса, на

середине и конце железобетонной шпалы, на балластное основание у конца шпалы, на балластное основание с внутренней стороны рельсошпальной решетки. Расположение датчиков на конструкции верхнего строения пути со скреплением типа КПП-5 показано на рисунке 1.

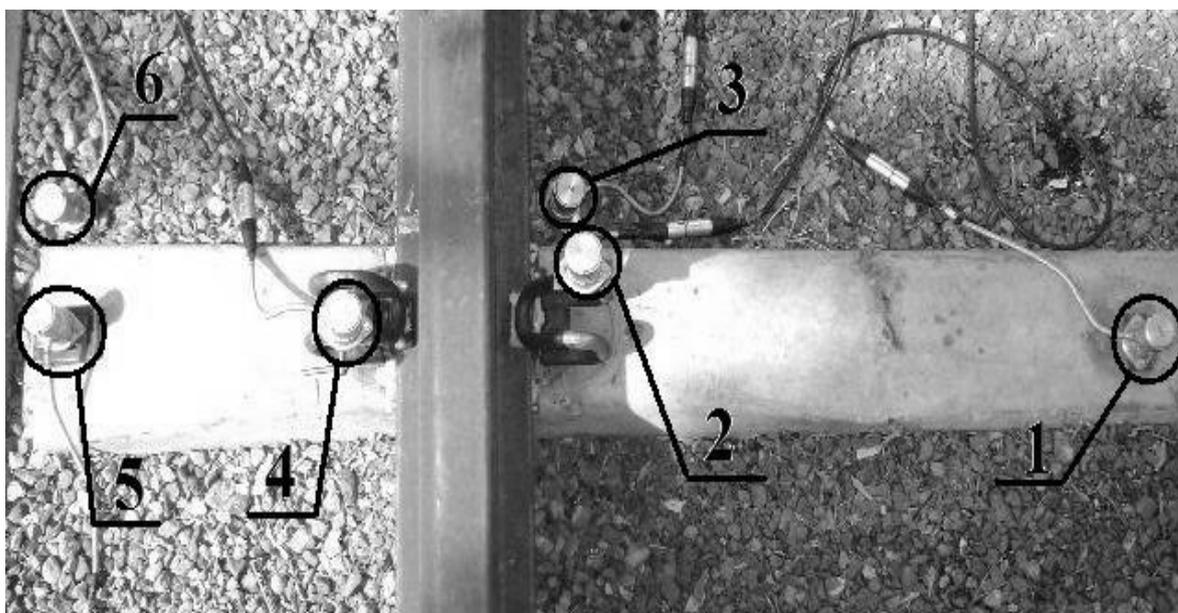


Рис. 1 – Схема расположения датчиков на элементах верхнего строения пути со скреплением типа КПП-5

1 – на середине железобетонной шпалы; 2 – на наружной ветви упругой клеммы с внутренней стороны рельса; 3 – на балластном основании с внутренней стороны рельсошпальной решетки; 4 – на наружной ветви упругой клеммы с внешней стороны рельса; 5 – на конце железобетонной шпалы; 6 – на балластном основании у конца шпалы

Fig. 1 – The arrangement of sensors on the elements of the upper structure of the track with fastening type KPP-5

1 - in the middle of reinforced concrete sleepers; 2 - on the outer branch of the elastic terminal on the inner side of the rail; 3 - on a ballast base from the inside of the rail-sleeper; 4 - on the outer branch of the elastic terminal on the outer side of the rail; 5 - at the end of reinforced concrete sleepers; 6 - on a ballast base at the end of the sleepers

Возбуждение колебаний по каждому варианту выполнялось от 6 до 12 раз. Длительность записи τ и частота дискретизации сигнала на канал f_d , при проведении исследований составляли: $\tau = 1,024$ с, $f_d = 1,6$ кГц. Построение спектров (амплитудно-частотных характеристик) для каждой полученной реализации осуществлялось в среде MATHCAD с использованием программы быстрого преобразования Фурье. На нижеприведенных графиках амплитудно-временных зависимостей отрицательные

значения соответствуют отклонению точки элемента от положения равновесия вниз, положительные – вверх.

В дальнейшем результаты измерений анализировались в лабораторных условиях, в частности, проводился статистический анализ характеристик полученных виброграмм и их спектров с целью изучения степени идентичности проведенных измерений при каждом варианте возбуждения колебаний. Статистический анализ экспериментальных данных позволил выявить высокую степень

сходимости результатов измерений при каждом используемом варианте возбуждения колебаний. На основании статистического анализа экспериментальных данных вполне можно делать аналитические выводы о характере колебаний каждого исследуемого элемента верхнего строения пути.

Анализ виброграмм и их графиков спектральной плотности дисперсии, полученных для различных элементов

верхнего строения пути со скреплением типа КПП-5, дал следующие результаты.

Процесс колебаний, регистрируемых на наружной части упругой клеммы с внешней и внутренней стороны рельса, для скрепления типа КПП-5, происходит в противофазе (рисунок 2-а, 3-а). На полученных спектрограммах хорошо прослеживаются частоты в диапазоне 1 до 1400 Гц с основным спектральным максимумом на частоте 27 Гц (рисунок 2-б, 3-б).

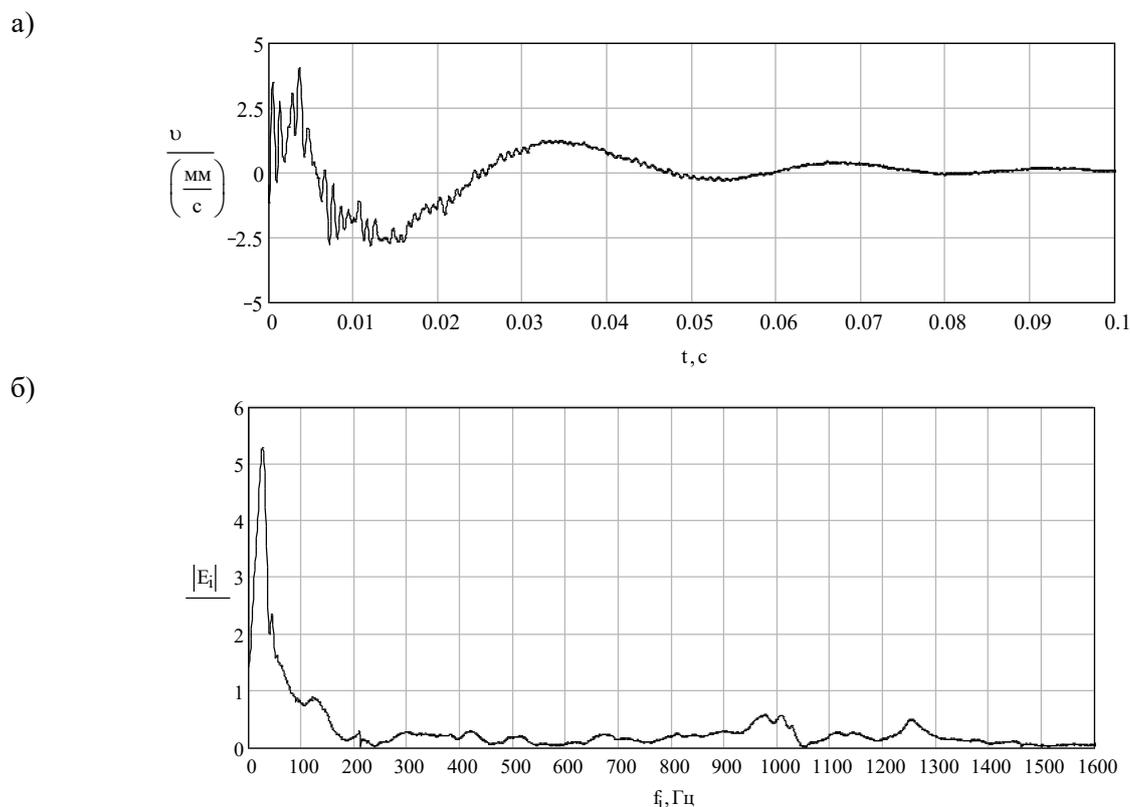


Рис. 2 – Виброграмма (а) и спектрограмма (б) отклика на ударное воздействие на наружной ветви упругой клеммы с внешней стороны рельса
 (основной спектральный максимум на частоте 27 Гц)

Fig. 2 – Vibrogram (a) and spectrogram (b) of the response to shock on the outer branch of the elastic terminal on the outside of the rail
 (main spectral maximum at a frequency of 27 Hz)

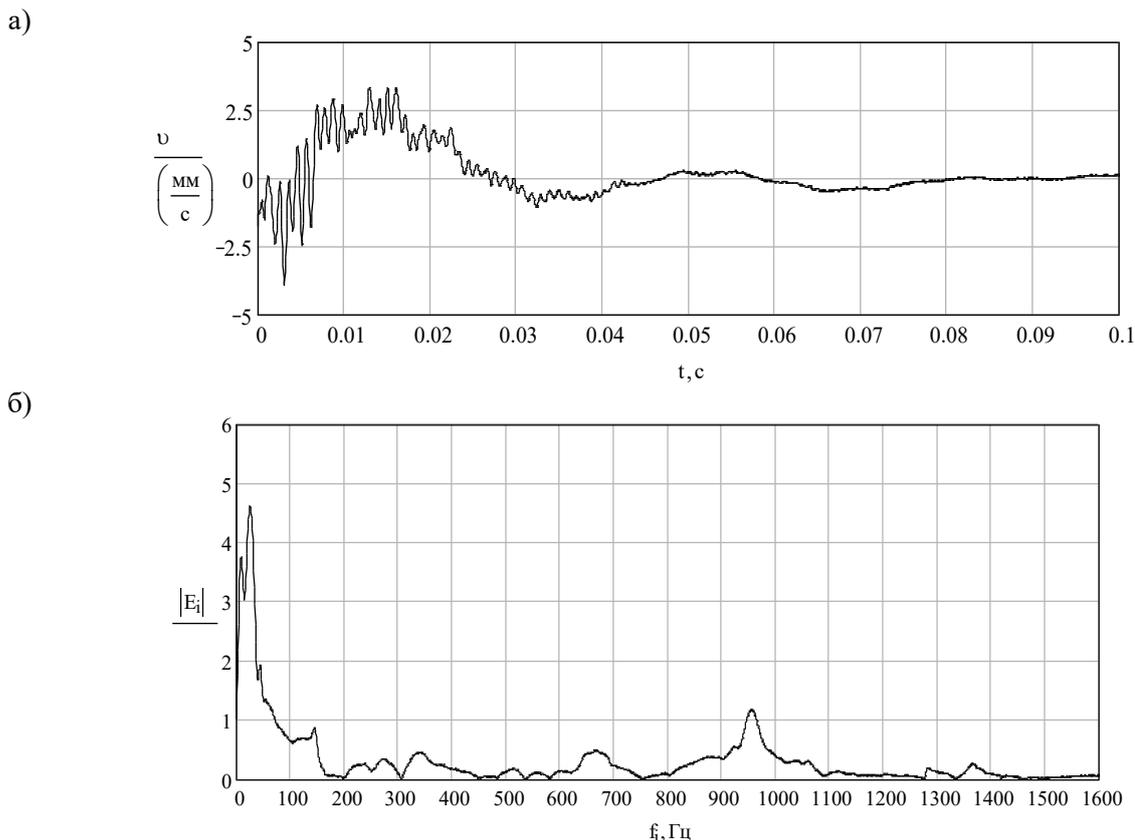


Рис.3 – Виброграмма (а) и спектрограмма (б) отклика на ударное воздействие на наружной ветви упругой клеммы с внутренней стороны рельса
 (основной спектральный максимум на частоте 27 Гц)

Fig. 3 – Vibrogram (a) and spectrogram (b) of the response to shock on the outer branch of the elastic terminal on the inside of the rail
 (main spectral maximum at a frequency of 27 Hz)

Колебания на середине и конце железобетонной шпалы для исследуемого скрепления типа КПП-5 отличаются по виду и характеру (рисунок 4-а, 5-а). Максимальные амплитудные отклонения на первой моде для всех равнозначных реализаций на конце шпалы в 5,5 раз больше, чем на середине шпалы (рисунок 4-б, 5-б). В спектрах виброграмм, полученных на конце шпалы, прослеживаются два основных спектральных выброса на частотах 27 и 45 Гц (рисунок 4-б). Форма импульса зарегистрированного на середине железобетонной шпалы близка к классической экспоненциально затухающей синусоиде. В спектрах виброграмм, полученных на середине шпалы, регистрируются пять спектральных максимумов на частотах 29, 45, 152, 240, 529 Гц (рисунок 5-б).

Виброграммы колебаний на балластном основании у конца шпалы и с внутренней стороны рельсошпальной решетки, похожи по внешнему виду (рисунок 6-а, 7-а). В спектрах виброграмм регистрируется один основной спектральный выброс на частоте 27 Гц. Максимальные амплитудные отклонения на основной моде для всех равнозначных реализаций на балластном основании у конца шпалы в 1,3 раз больше, чем на балластном основании с внутренней стороны рельсошпальной решетки (рисунок 6-б, 7-б).

На основании полученных результатов исследований колебаний элементов верхнего строения пути со скреплением типа КПП-5 можно сделать следующие выводы:

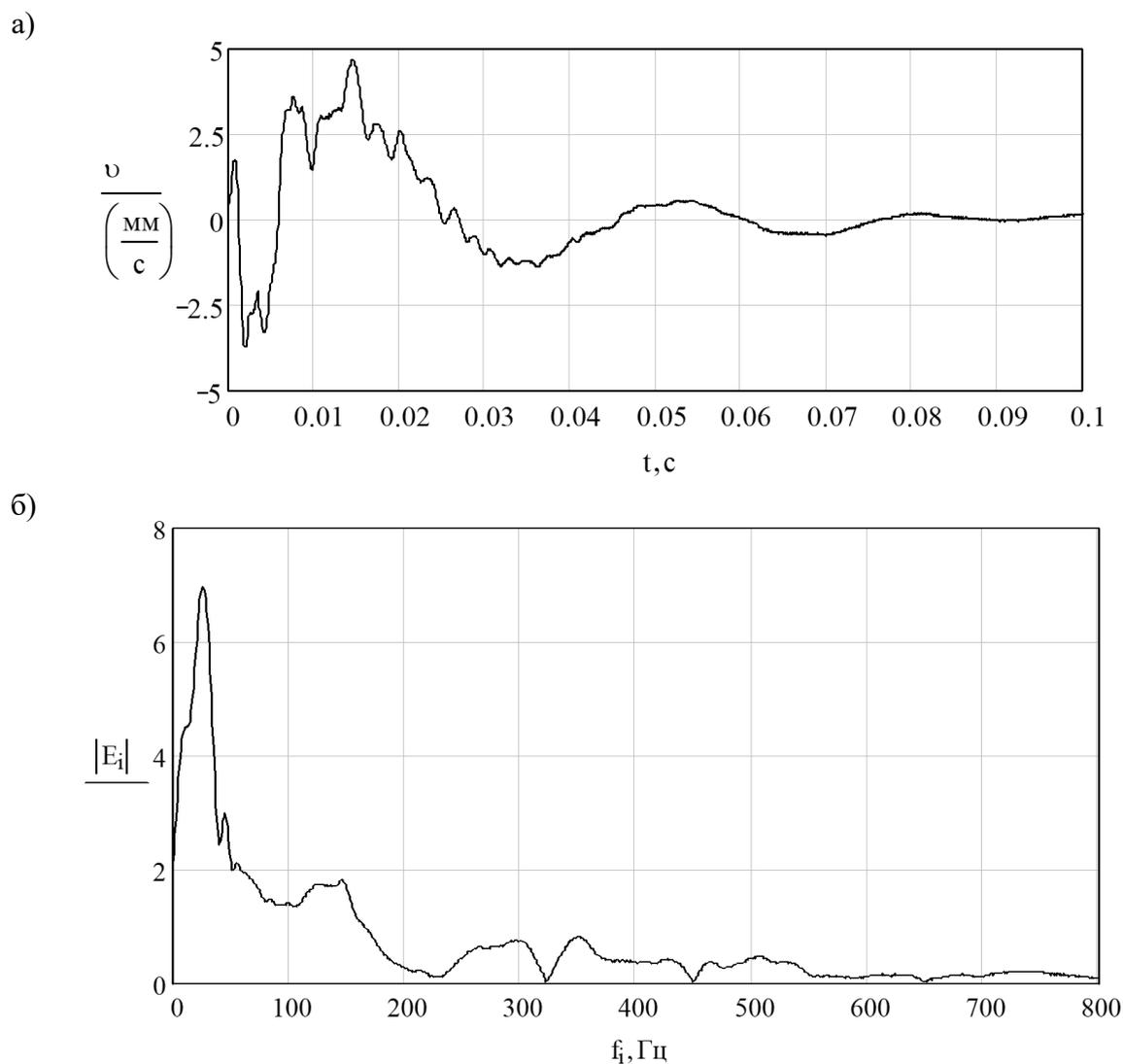


Рис. 4 – Виброграмма (а) и спектрограмма (б) отклика на ударное воздействие на конце шпалы
(основной спектральный максимум на частоте 27 Гц, второй максимум на частоте 45 Гц)
Fig. 4 – Vibrogram (a) and spectrogram (b) of the response to shock at the end of the sleepers
(the main spectral maximum at a frequency of 27 Hz, the second maximum at a frequency of 45 Hz)

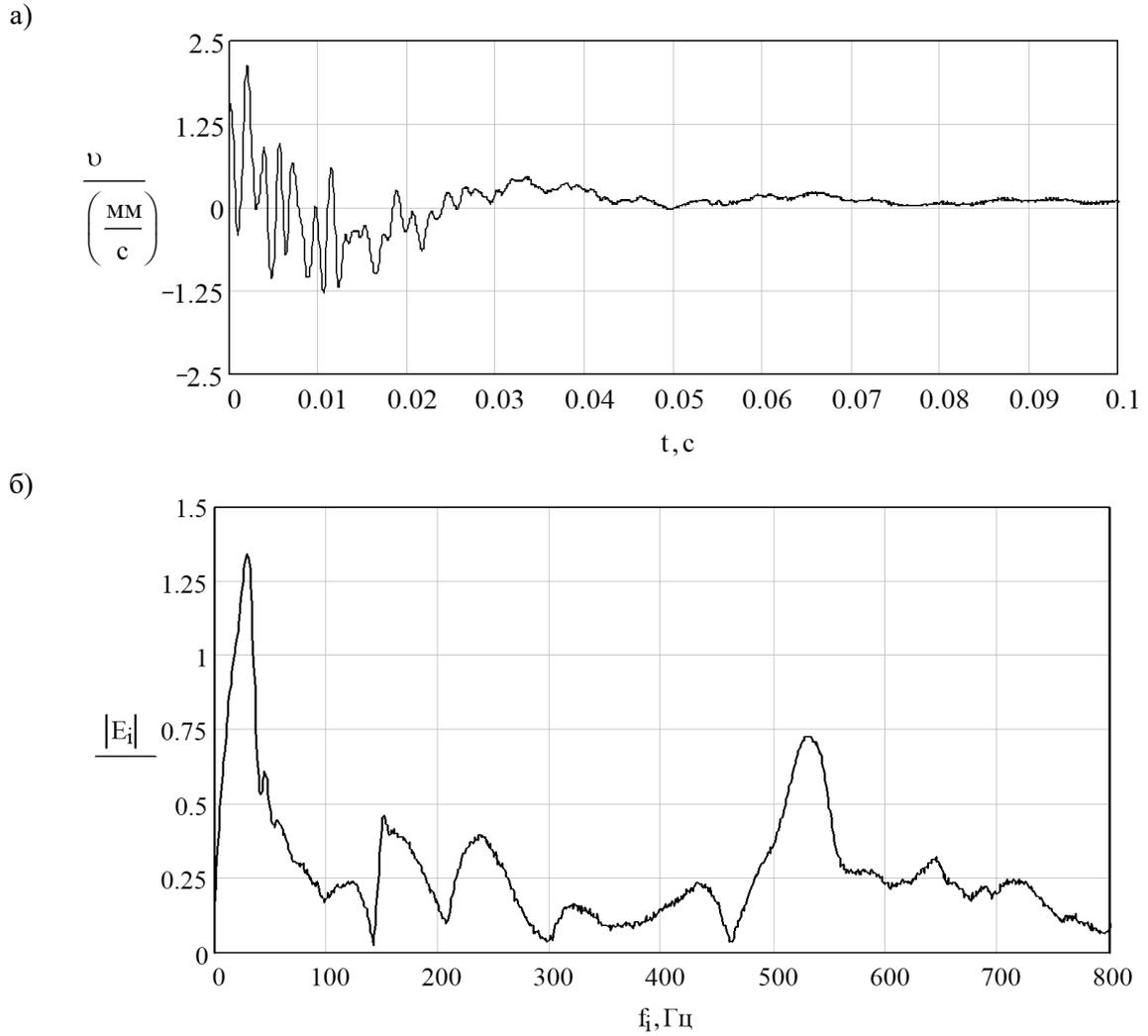


Рис. 5 – Виброграмма (а) и спектрограмма (б) отклика на ударное воздействие на середине шпалы (основной спектральный максимум на частоте 29 Гц, второй на частоте 45 Гц, третий на частоте 152 Гц, четвертый на частоте 240 Гц, пятый на частоте 529 Гц)

Fig. 5 – Vibrogram (a) and spectrogram (b) of the shock response in the middle of the sleepers (45 Hz, the third at a frequency of 152 Hz, the fourth at a frequency of 240 Hz, the fifth at a frequency of 529 Hz)

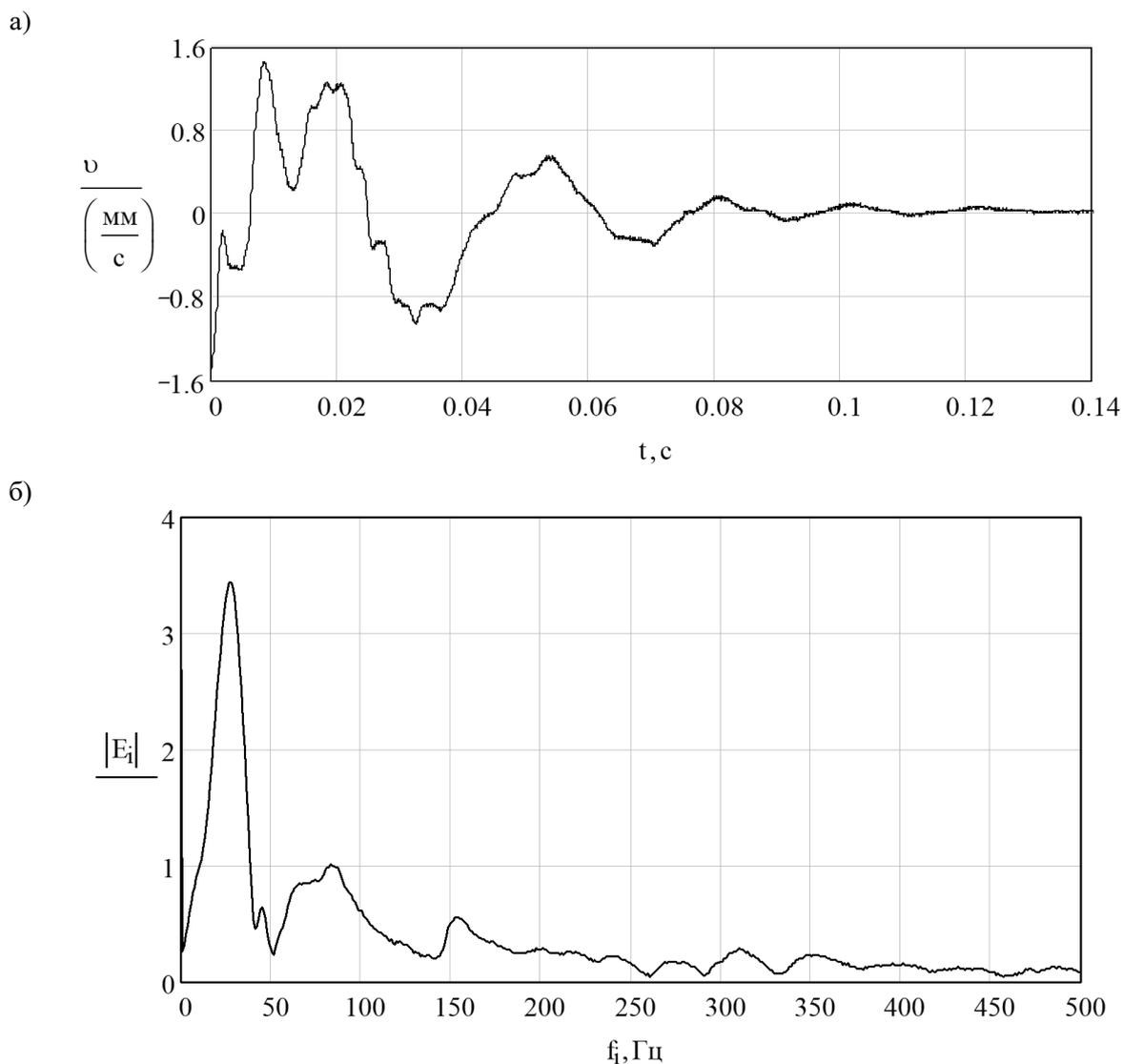


Рис. 6 – Виброграмма (а) и спектрограмма (б) отклика на ударное воздействие на балласте у конца шпалы

(основной спектральный максимум на частоте 27 Гц)

Fig. 6 – Vibrogram (a) and spectrogram (b) of the response to impact on the ballast at the end of the sleepers

(main spectral maximum at a frequency of 27 Hz)

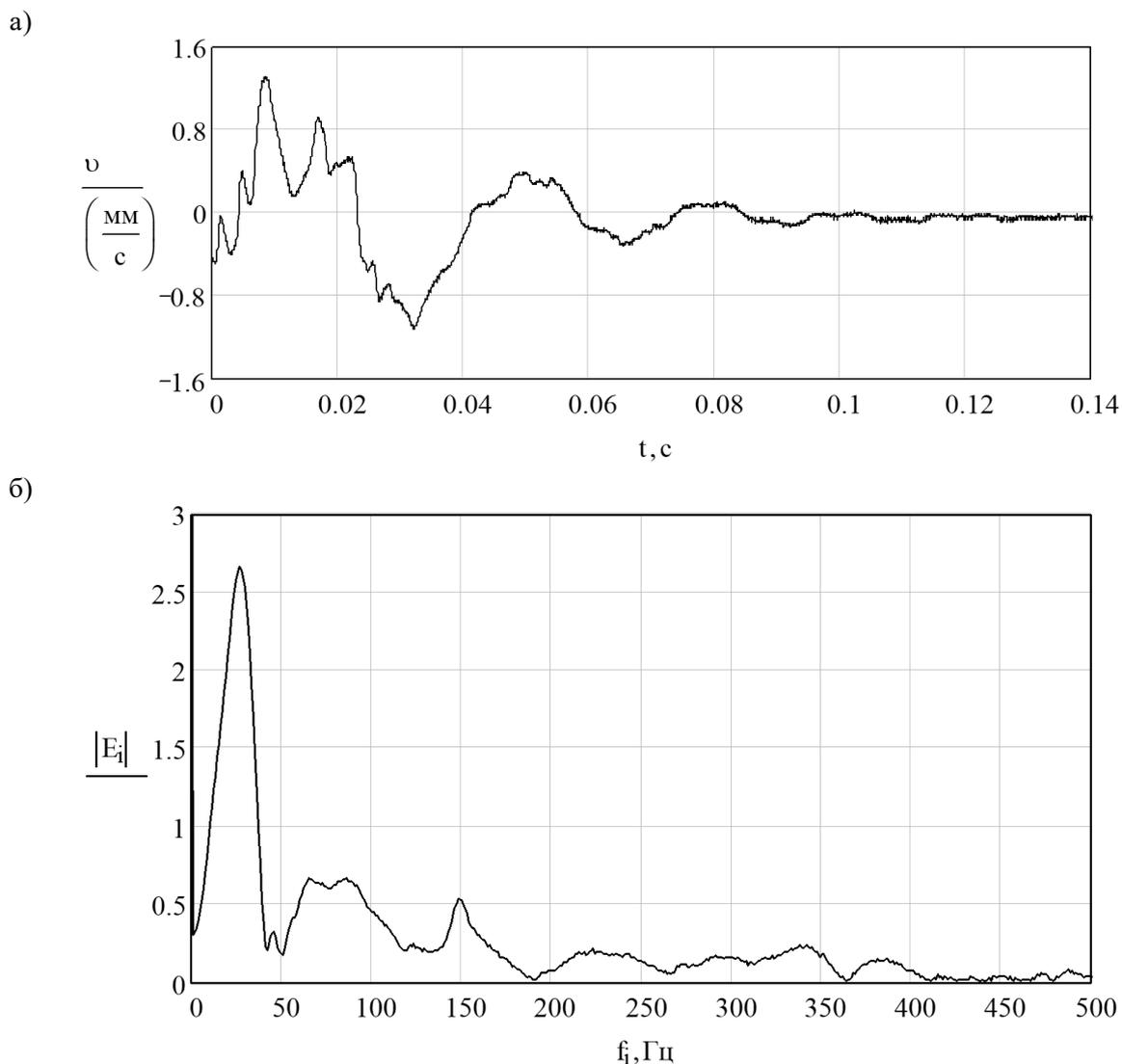


Рис. 7 – Виброграмма (а) и спектрограмма (б) отклика на ударное воздействие на балласте с внутренней стороны рельсошпальной решетки (основной спектральный максимум на частоте 27 Гц)

Fig. 7 – Vibrogram (a) and spectrogram (b) of the response to impact on the ballast from the inside of the rail-sleeper (main spectral maximum at a frequency of 27 Hz)

Выводы:

1. Колебания верхнего строения пути от ударного импульса имеют достаточно разнообразный вид и сложный характер. По характеру виброграмм колебаний элементов верхнего строения пути можно судить о способности используемого типа крепления гасить высокочастотные вибрации.

2. Влияние той или иной гармонической составляющей на характер виброграмм может оцениваться путем построения графиков их спектральной плотности дисперсии.

3. Оценку работы элементов верхнего строения пути с различными типами креплений можно производить виброимпульсным (ударным) методом по полученным виброграммам и их спектрам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hunt, H.E.M. Measures for reducing ground vibration generated by trains in tunnels. In: "Noise and Vibration from High-speed Trains", ed V.V. Krylov, Telford, 2001, Chapter 14, pp423-430
- [2] Jaquet, T. and Hueffmann, G. Ausbildung eines tieffrequenten Masse-Feder-Systems mittels Stahlfederelementen bei U- und Vollbahnen als Schutz gegen Erschuetterungen und Koerperschalleinwirkungen, VDI Berichte Nr.1345 (1997) S.143-160
- [3] Влияние жесткости и неровностей пути на деформации, вибрации и силы взаимодействия его элементов. Тр. ЦНИИ МПС, вып. 370. - М.: Транспорт, 1969
- [4] Исследование взаимодействия пути и подвижного состава. Тр. ДИИТ, вып. 148. Днепропетровск, 1974
- [5] Исаенко Э.П., Финк В.К., Квашнин М.Я. Результаты определений амплитудно-частотных характеристик в элементах железнодорожного пути. Материалы международной НПК «Транспорт Евразии: взгляд в двадцать первый век», КазАТК, том IV, Алматы, 2008
- [6] Рабинович И.М., Синицын А.П., Лужин А.В., Теренин Б.М. Расчет сооружений на импульсное воздействие. - М.: Стройиздат, 1970
- [7] Махметова Н.М., Квашнин М.Я., Абиев Б.А., Квашнин Н.М. Энергетические аспекты ударного возбуждения изгибных колебаний в многослойных упругих пластинах // Вестник КазАТК № 3 (58), 2009

REFERENCES

- [1] Hunt, H.E.M. Measures for reducing ground vibration generated by trains in tunnels. In: "Noise and Vibration from High-speed Trains", ed V.V. Krylov, Telford, 2001, Chapter 14, pp423-430
- [2] Jaquet, T. and Hueffmann, G. Ausbildung eines tieffrequenten Masse-Feder-Systems mittels Stahlfederelementen bei U- und Vollbahnen als Schutz gegen Erschuetterungen und Koerperschalleinwirkungen, VDI Berichte Nr.1345 (1997) S.143-160
- [3] *Vliyaniye zhestkosti i nerovnostey puti na deformatsii, vibratsii i sily vzaimodeystviya yego elementov*. Tr. TSNII MPS, vyp. 370. M.: Transport, 1969 [in Russian: Influence of stiffness and irregularities of the path on the deformation, vibration and interaction forces of its elements. Tr. Central Research Institute of the Ministry of Railways, issue 370. M.: Transport, 1969
- [4] *Issledovaniye vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava*. Tr. DIIT, vyp. 148. Dnepropetrovsk, 1974 [in Russian: Study of the interaction of track and rolling stock. Tr. DIIT, no. 148. Dnepropetrovsk, 1974
- [5] Isayenko E.P., Fink V.K., Kvashnin M.YA. *Rezultaty opredeleniya amplitudno-chastotnyye kharakteristiki v elementakh zheleznodorozhnogo puti. Materialy mezhdunarodnoy NPK "Transport Yevrazii: vzglyad v dvadtsat' pervyy vek"* KazATK, 4 tom, Almaty, 2008 [in Russian: Isaenko EP, Fink V.K., Kvashnin M.Ya. The results of determining the amplitude-frequency characteristics in the elements of the railway track. Materials of the international NPK "Transport of Eurasia: a look into the twenty-first century", KazATC, volume IV, Almaty, 2008
- [6] Rabinovich I.M., Sinitsyn A.P., Luzhin A.V., Terenin B.M. *Raschet sooruzheniy na impul'snoye vozdeystviye*. - M.: Stroyizdat, 1970 [in Russian: Rabinovich I. M., Sinitsyn A. P., Luzhin A. V., Terenin B. M. Calculation of structures for impulse effects. - M.: Stroyizdat, 1970
- [7] [7] Makhmetova N.M., Kvashnin M.YA., Abiyev B.A., Kvashnin N.M. *Energeticheskiye aspekty udarnogo vozvuzhdeniya izgibnykh kolebaniy v mnogoslonykh uprugikh plastinakh* // Vestnik KazATK № 3 (58), 2009 [in Russian: Makhmetova N.M., Kvashnin M.Ya., Abiev B.A., Kvashnin N.M. Energy aspects of shock excitation of bending vibrations in multilayer elastic plates // Vestnik KazATK No. 3 (58), 2009

К ВОПРОСУ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ РЕЛЬСОВЫМ СКРЕПЛЕНИЕМ КПП-5

Квашнин Михаил Яковлевич, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; kvashnin_mj55@mail.ru

Аймурзаева Жазира Кенесовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; aimurzaeva@mail.ru

Ахметова Патам Тургановна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; patam67@mail.ru;

КПП-5 ТЕМІРЖОЛ АРАЛЫҚ БЕКІТІЛГЕН ЖОЛДЫҢ ЖОҒАРҒЫ ТӨСЕМ

ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ЕРКІН ТЕРБЕЛІС МӘСЕЛЕСІ

Квашнин Михаил Яковлевич, т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, kvashnin_mj55@mail.ru

Аймурзаева Жазира Кенесовна, т.ғ.к., асоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; aimurzaeva@mail.ru

Ахметова Патам Тургановна, т.ғ.к., асоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; patam67@mail.ru ;

Аңдатпа: Жолдың жоғарғы құрылымы элементтерін соққы импульсімен бекітетін КПП-5 типіндегі бос тербелістерді эксперименттік зерттеу нәтижелері келтірілген. Соққы импульсінен жолдың жоғарғы құрылымының тербелістері сыртқы келбеті мен күрделі жағынан әр түрлі. Жолдың жоғарғы құрылымы элементтерінің дірілдеу бағдарламаларының сипаты бойынша жоғары жиілікті тербелістерді сіңіру үшін қолданылатын байланыстыру түрінің қабілетін бағалауға болады.

Түйінді сөздер: жолдың жоғарғы құрылымы элементтерінің бос тербелісі, діріл импульсінің соққысы, діріл бағдарламасы, спектр, рельс аралық бекіту, датчиктер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 29-37

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE IN THE CITIES

Inna Bazanova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshbayev, Almaty, Kazakhstan; inna_bazanova@mail.ru

Serzhan Kaliyev, Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshbayev, Almaty, Kazakhstan; serje.6@yandex.kz

Saken Tatishev, Ms.Sci.(Eng.), Associate professor, Caspian University, Almaty, Kazakhstan.

Abstract. The article discusses the current problems and prospects of innovative development of underground urban space, the main theoretical components of underground urbanism and modern experience of solving problems encountered in domestic and foreign practice.

The main purpose of active and integrated use and development of underground space of large cities is to provide optimal conditions for work, life and leisure of the urban population with a simultaneous increase in open green spaces, with the formation of a healthy, comfortable and aesthetically attractive urban environment. And due to the fact that the territory of the Central parts of the cities is almost mastered, the main principle of development is the reconstruction of the existing regions. All this requires in-depth pre-design studies, multivariate design and multivariate evaluation of alternative solutions.

In its development, the cities have outgrown the historically developed one-level street network in their center, which gives rise to numerous technogenic problems. It is almost impossible to "expand" the street network without intensive use of underground space, which is currently being developed very limited and inefficient, separate locally-cross sections of private use (for example, underground pedestrian crossings).

In recent decades, the growth of volumes and scales of underground construction is observed in the city of Almaty. Large underground complexes for various purposes, transport and communication tunnels, underground Parking and garages, production and storage facilities are being built, the length of metro lines is growing.

The analysis of foreign experience of underground construction in urban agglomerations on such indicators as the population, the number of vehicles per inhabitant, the area occupied by the territory, the ratio of historical and modern buildings.

Keywords: underground space, underground construction, infrastructure, urbanism, transport.

УДК 621.313.13

И.А. Базанова¹, С.М. Калиев¹, С.К. Татищев²

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

²Каспийский Университет, г. Алматы, Казахстан

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы и перспективы инновационного развития подземного городского пространства, основные теоретические

компоненты подземной урбанистики и современный опыт решения проблем, встречающихся в отечественной и зарубежной практике.

Главной целью активного и комплексного использования и освоения подземного пространства крупных городов является обеспечение оптимальных условий для труда, быта и отдыха городского населения с одновременным увеличением открытых озелененных пространств, с формированием здоровой, удобной и эстетически привлекательной городской среды. А в связи с тем, что территория центральных частей городов практически освоена, основной принцип развития - реконструкция сложившихся регионов. Все это требует углубленных предпроектных исследований, многовариантного проектирования и многофакторной оценки альтернативных решений.

В своем развитии города переросли исторически сложившуюся в их центре одноуровневую уличную сеть, что и порождает многочисленные техногенные проблемы. Практически невозможно "расширить" уличную сеть без интенсивного использования подуличного подземного пространства, которое в настоящее время осваивается крайне ограниченно и неэффективно, отдельными локально-поперечными участками частного назначения (например, подземные пешеходные переходы).

Ключевые слова: подземное пространство, подземное строительство, инфраструктура, урбанистика, транспорт.

В настоящее время площадь земной поверхности, занятой под объекты жилищного, промышленного, хозяйственного и социально-культурного назначения, транспортные, энергетические и другие виды инженерных коммуникаций, составляет более 4% от всей поверхности суши. Площадь застройки в некоторых государствах Европы уже достигает 15, а то и 20 процентов от их общей территории.

Площади, проспекты и улицы городов заполнили «полчища» автомобилей, количество которых растет в геометрической прогрессии, требуя расширения проезжей части и числа парковочных мест.

Освоение новых территорий неминуемо ведет к сокращению лесных угодий и уменьшению площади земель, пригодных для производства сельскохозяйственной продукции.

Нехватка земли в городах, а особенно в мегаполисах, побуждает градостроителей всего мира искать дополнительные способы для развития территорий.

Мировой опыт показывает, что в градостроительстве необходимо отказаться от старой формы проектирования - плоскостной застройки городских территорий по принципу «один к одному» с независимо выполненной от них инженерной инфраструктурой.

Время и сложившиеся обстоятельства диктуют необходимость перехода от горизонтального к вертикальному зонированию городского пространства, которое способно обеспечить формирование комфортной жилой и производственной среды, на основе глубинно-пространственной организации всей системы объектов, как целостного организма, включая и жилищный фонд, и всю необходимую социально-производственную и инженерную инфраструктуру, создаваемую на подземном уровне. В современной градостроительной науке данный процесс именуется «комплексным освоением подземного городского пространства».

Крупнейшей проблемой растущих городов является недостаток свободных территорий, необходимых для строительства новых объектов. В этой связи возникает необходимость интенсивного освоения городского подземного пространства. Развитие подземного пространства позволит сохранить уникальный внешний облик центрального района, ценные городские ландшафты и целые природные комплексы.

Формирование подземных пространств является эффективным средством и резервом для развития любого города мира. Особенностью освоения

подземного пространства является комплексный характер и большая социальная значимость этого процесса. Все подсистемы подземной инфраструктуры мегаполисов (инженерные сети и коммуникации, транспортные сети, метрополитен, предприятия торговли и т. п.) необходимы для решения неотложных проблем развития городов и защиты окружающей среды и характеризуются согласованностью, взаимодействием различных систем, обусловленных строением инфраструктуры города и его частей.

Актуальность использования подземного пространства обусловлена необходимостью рационального отношения к территориальным резервам.

Основные градостроительные принципы размещения подземных сооружений общественного назначения включают:

- создание подземных общественных комплексов в местах формирования транспортно-пересадочных узлов на пересечениях автомобильных магистралей I класса, а также в местах их пересечения с линиями железной дороги;
- размещение подземных сооружений в зонах планируемого развития общественных центров городского значения;
- размещение подземных комплексов в составе функциональных зон общественного назначения.



Рис. 1 – Многоуровневый подземный комплекс
Fig. 1 – Multi-level underground complex

Комплексное использование подземного пространства осложнено следующими факторами:

- экологической обстановкой (прежде всего, геоэкологической), пока еще малоизученной применительно к подземным сооружениям;
- аварийными ситуациями при производстве подземных работ;
- повышенными требованиями к безопасности выполнения работ на стадии возведения сооружения и к его надежности на стадии эксплуатации.

Принцип пространственного размещения комплексов позволяет обеспечить:

- высвобождение ценных земельных участков под пешеходные зоны и озеленение;
- ограничение на территории комплекса транспортного движения;
- сокращение наземных площадей, отводимых под автомобильные парковки;
- развитие традиций района строительства, его функциональных и архитектурных особенностей;
- соблюдение существующих «красных» линий застройки;
- сохранение этажности и масштаба среды, морфотипов застройки, имеющей архитектурно-художественную либо историческую ценность;
- реставрацию памятников.

При разработке основных направлений комплексного использования подземного пространства следует базироваться на принципах, определяемых теми преимуществами, которыми обладают подземные сооружения:

· возможность размещения в подземном пространстве инфраструктур, которые нежелательно или нецелесообразно располагать на поверхности;

· наличие естественной защиты одновременно от механических, температурных, акустических и других воздействий.

· изолированность, исключая влияние расположенных в подземных сооружениях производственных объектов с вредными технологическими процессами на наземные сооружения и окружающую их среду.

Необходимо также учитывать еще одну существенную особенность подземного пространства: способность скрыть внешне непривлекательные производства, а значит, решить определенные эстетические задачи.

Проектирование подземных сооружений должно осуществляться как процесс создания развивающейся техногенно-природной геосистемы, с одной стороны, и постоянной переработки информации, генерирования, оценки и принятия инженерных решений с учетом опыта строительства и эксплуатации подземных сооружений, с другой стороны. При этом необходимо в очередной раз подчеркнуть важность оценки возможных последствий комплексного строительства подземных сооружений и его влияния на окружающую среду и экономику города.

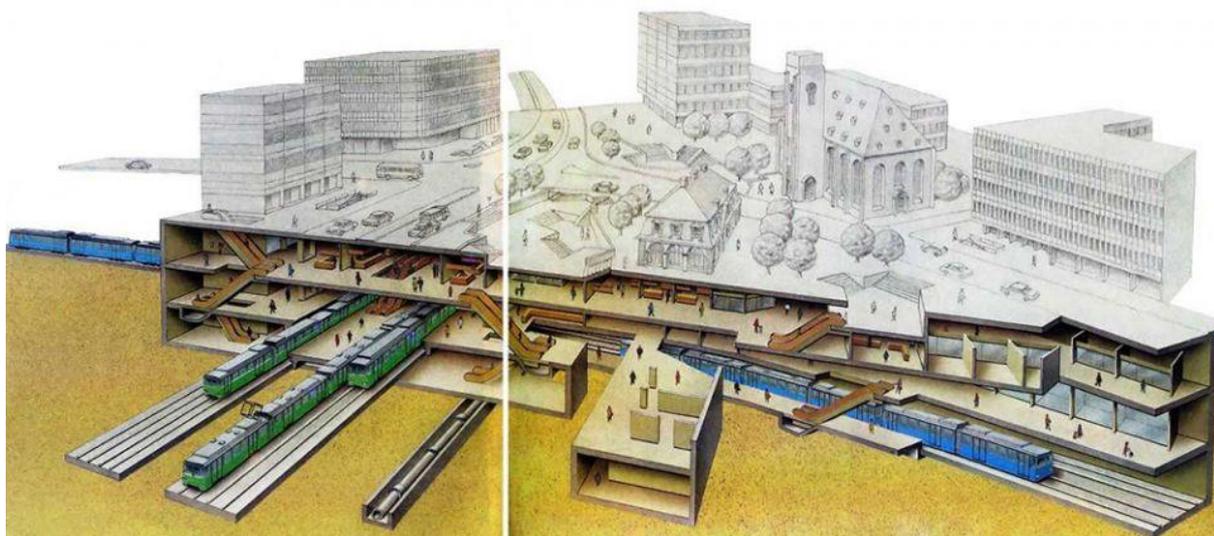


Рис. 2 – Подземная городская инфраструктура
Fig. 2 – Underground urban infrastructure

Особое внимание следует уделять подземным сооружениям нового поколения, для чего в проектах таких объектов должно быть предусмотрено не только применение высоких технологий, но и создание архитектурного облика, отвечающего высоким эстетическим требованиям. При этом необходимо обеспечить организацию безопасной и комфортной среды для пребывания

человека в подземных условиях на основе новейших разработок в области жизнеобеспечения в замкнутых (подземных) пространствах.

К основным **проблемам освоения подземного пространства городов**, прежде всего, относят:

- необходимость обеспечения сохранности уже существующей застройки (иными словами, геотехник должен

оценить ее дополнительные деформации, что проблематично решить в рамках строгих инженерных методов);

- необходимость сохранения сложившихся экологических систем;

- условие минимальности вмешательства в геоэкологическую среду.

Технические проблемы возведения подземных сооружений обусловлены главным образом необходимостью создания и последующей эксплуатации внутреннего пространства. Наличие таких внутренних пустот вызывает эффект одностороннего горизонтального давления грунта, что требует достаточной прочности стенок подземных сооружений.

Вследствие высокого уровня подземных вод и возможности его изменения геотехник обязан обеспечить как водонепроницаемость его ограждающих конструкций и днища, так и устойчивость сооружения от всплывания (ведь днище испытывает гидростатическое давление воды).

При возведении подземных сооружений в открытых глубоких (обычно при глубине более 4-5 м) котлованах необходимо, с одной стороны, обеспечить устойчивость их стенок, а с другой - возможно неравномерное разуплотнение грунта дна котлована из-за его большего подъема в центральной части. Это явление соответственно вызывает большие осадки основания фундаментов в средней части сооружения.

Геотехники всего мира все активнее разрабатывают, проектируют и возводят подземные сооружения различного назначения, которые при этом часто органично связаны между собой, а также с наземными зданиями и сооружениями и с геологической и гидрогеологической средой.

Под комплексным освоением подземного пространства понимают всесторонний учет взаимосвязи всех структурных элементов, определяющих функционирование современного мегаполиса:

- наземной части города, включающей здания, инженерные

сооружения, наземные транспортные коммуникации, водную и воздушную среду;

- подземной части, к которой относят подвалы зданий, транспортные системы, объекты различного назначения, инженерные сети;

- геологической и гидрогеологической среды.

К основным современным тенденциям и концепциям при комплексном освоении подземного пространства возможно отнести:

- переход от плоскостного к объемному развитию городского пространства (в перспективе в нем возможно размещать большинство гражданских и производственных объектов, коммуникации, склады, гаражи и стоянки, спортивные и культурные сооружения, отели, торговые центры, предприятия бытового обслуживания и др.);

- экономию земли и круговорот природных материалов с минимумом трансформаций и возможным использованием энергии в естественной природной форме (по Д. Беннету);

- концепцию вертикальных городов, которая, в частности, предполагает основную часть объема многоэтажного наземного строительства перенести в пригороды, а центре города организовать зону с густым озеленением и развитой подземной инфраструктурой.

Подземное строительство в городах имеет некоторое явное преимущество по сравнению с сооружениями на поверхности:

- Наземное пространство плотно застроено. Освоение подземного пространства нередко является единственно возможным путем развития городской инфраструктуры со значительным эффектом для города;

- При размещении ряда функций для жизнеобеспечения граждан под землей создаются более благоприятные возможности для существования людей на поверхности: для отдыха в парках, движения пешеходов и так далее;

- Сохраняются культурные и природные ценности на поверхности, при этом продуманное подземное строительство не создает эффектов, нарушающих жизнь города;

- Шум и выхлопные газы на дорогах и рельсах проще контролировать в тоннелях, чем на поверхности;

- Сберегается энергия охлаждения или отопления, поскольку под землей обеспечивается более регулируемый климат;

- Подземные сооружения обеспечивают убежища для населения во время военных действий и защищают инфраструктуру жизнеобеспечения от попыток ее нарушения.

Эти преимущества вместе с новыми методами строительства, сокращением времени строительства и снижением его стоимости делают подземные решения все более и более популярными.

Возрастание интереса к подземному строительству в условиях рыночных отношений приводит к постановке новых вопросов при его планировании.

Подземное строительство во всех странах управляется посредством определенного законодательства. Главной целью этого законодательства является соотношение между различными частными правами и общественными интересами. Законодательство защищает права существующих наземных и подземных пользователей, обеспечивает личную безопасность и здоровье, защиту природной и культурной окружающей среды.

Одним из сложных правовых вопросов является ограничение права на собственность подземной средой по вертикали.

Права собственников на землю сильно отличаются в различных странах. Имеется три основных градации прав:

- собственник земли владеет подземным пространством до центра земли;

- в той степени как далеко распространяется благоразумие существующих интересов;

- право на собственность ограничивается глубиной от поверхности земли (не более чем 6 м).

В Казахстане эти правовые вопросы пока не имеют решения. Недостатки в законодательстве приводят к неопределенностям во взглядах на право ответственности и распределение риска при финансировании подземных объектов.

Закономерность современного этапа освоения подземного пространства это непрерывное возрастание значения подземного строительства во всем мире. Это явствует, в частности, из огромных усилий, предпринимаемых для улучшения транспортной инфраструктуры городов в Северной Америке и Юго-Восточной Азии, в особенности в Китае, Японии, Корее, Сингапуре. Значительная работа по созданию сетей канализации, строительству тоннелей - водопроводов и других коммуникаций, необходимых густонаселенным мегаполисам, проводится в Центральной, и Южной Америке, в Северной и Южной Африке. Все больше правительств и муниципальных органов власти во всем мире осознают необходимость и преимущества использования подземного пространства.

Большинство крупных городов мира в настоящее время последовательно осуществляют программы освоения подземного пространства в исторических центрах города, при этом комплексно решаются проблемы транспорта, коммунального и жилого хозяйства, занятости населения, энергосбережения и т. д.

Нами проведен анализ зарубежного опыта подземного строительства в городских агломерациях по таким показателям, как численность населения, количество транспортных средств на одного жителя, площадь занимаемой территории, соотношение исторической и современной застройки.

Анализ показывает - оптимальные условия для обеспечения устойчивого развития и комфортного проживания достигаются при доле подземных сооружений от общей площади вводимых

объектов в 20-25 % за счет того, что ниже уровня поверхности земли может быть размещено до 70 % от общего объема гаражей, до 80 % складов, до 50 % архивов и хранилищ, до 30 % предприятий сферы обслуживания. Это административные, зрелищные и спортивные сооружения (например, в Норвегии возведен крупнейший спортивный комплекс на глубине 18 метров от поверхности земли, общая площадь которого равна 7 тыс. кв. м.), торговые центры, кинотеатры, бассейны и многое-многое другое.

Разумеется, не во всех крупных городах это соотношение выдерживается, но вместе с тем есть примеры выдающихся подземных сооружений, без которых современный облик таких городов, например, как Монреаль и Торонто, невозможно представить. Есть и другие решения - например, система организации парковок в Мюнхене и Париже. Внешне невидимые, они обеспечили вывод качества и комфорта городской среды на значительно более высокий уровень.

Центральные области больших городов, как правило, представляют собой огромное сосредоточение сплошной застройки, транспорта и технической инфраструктуры, работающих на пределе своих возможностей. Непрерывно нарастающие требования по объему деятельности, которую необходимо в этом ограниченном пространстве выполнять, заставляют искать все новые и новые подходы к решению этой столь сложной градостроительной проблемы, которая со временем будет становиться все сложнее.

Выводы. Рост объемов и масштабов эффективного освоения и развития подземного городского пространства наблюдается сегодня во всем мире. Он связан со всевозрастающей концентрацией населения в этих городах и непрерывным ростом численности автомобильного парка, которые порождают практически все наиболее острые современные городские проблемы - территориальные, транспортные, экологические, энергетические.

Инновационное использование методов и установок подземной урбанистики оказалось единственным способом улучшить и приспособить систему транспортных связей к росту крупнейших городов без значительных изменений традиционной планировочной структуры и застройки.

Научно определены и сформулированы принципы вертикального зонирования городского пространства.

Наиболее близкие к поверхности земли уровни (до отметки - 4 м) отводятся для пешеходов, непрерывного пассажирского транспорта, автостоянок, местных разводящих сетей. Уровни от - 4 м до - 20 м используют для трасс метрополитена и автотранспортных тоннелей мелкого заложения, многоуровневых подземных гаражей, складов, резервуаров и магистральных коллекторов. Уровни на отметке от - 15 м до - 40 м предназначены для трасс рельсового транспорта глубокого заложения, включая городские железные дороги.

В последние десятилетия, рост объемов и масштабов подземного строительства наблюдается и в городе Алматы. Строятся крупные подземные комплексы различного назначения, транспортные и коммуникационные тоннели, подземные стоянки и гаражи, производственные и складские помещения, растет протяженность линий метрополитена.

Развитие подземной урбанистики является необратимым процессом и знаменует собой качественно новый уровень современного городского жилищно-гражданского и другого строительства. Оно должно быть распространено на все города, в первую очередь, на крупнейшие и крупные, и на все их функциональные зоны.

В настоящее время считается, что строительство подземной части городов является показателем условий жизни населения развивающихся мегаполисов, связанным с их количественным и качественным ростом, развитием новых и традиционных городских функций.

Практика разработки предпроектной и проектной документации для различных видов строительства в подземном исполнении в последние годы (исключая традиционные виды работ) носит чисто стихийный характер, определяемый большим количеством предложений со случайным проявлением коммерческих интересов. При этом отсутствует механизм направления этой нужной для города инвестиционной деятельности в

определенное, с градостроительных позиций строго обоснованное русло.

Транспортные проблемы также необходимо решать с помощью интенсивного освоения подземного пространства города. При росте автомобилизации до 300-350 авт./ 1000 жителей необходимо найти место для дополнительных магистралей, это, в первую очередь, пространство «под» и «над» земной поверхностью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Конохов Д.С. Использование подземного пространства: Учеб. пособие для вузов. - М.: Архитектура-С, 2004. – 296 с.
- [2] Голубев Г.Е. Подземная урбанистика. - М.: Стройиздат, 1979.
- [3] Левченко А.Н., Лернер В.Т., Петренко Е.В., Петренко И.Е. Организация освоения подземного пространства. - М.: ТИМР, 2002.
- [4] Труды международной конференции «Подземный город: геотехника и архитектура». - Санкт-Петербург: 8-10 сентября 1998.
- [5] Ильичев В.А. Геотехнические проблемы в подземном строительстве // «ОФМГ». - 2004. - № 4. - С.2-4.

REFERENCES

- [1] Konyukhov D.S. *Ispolzovanie podzemnogo prostranstva. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [in Russian: Use of underground space]. Textbook for universities. - M.: Architecture-C, 2004. – 296 p.
- [2] Golubev G.E. *Podzemnaya urbanistika* [in Russian: Underground urbanism]. – M.: Stroyizdat, 1979.
- [3] Levchenko A.N., Lerner V.T., Petrenko E.V. *Organizatsiya osvoeniya podzemnogo prostranstva* [in Russian: Organization of underground space development]. – M.: TIMR, 2002.
- [4] *Trudy mezhdunarodnoy konferentsii "Podzemnyi gorod: geotekhnika i arkhitektura"* [in Russian: Proceedings of the international conference. The underground city: the geotechnical engineering and architecture]. – St. Petersburg: 8-10 september 1998.
- [5] Ilyichev V.A. *Geotekhnicheskie problem v podzemnom stroitelstve* [in Russian: Geotechnical problems in underground construction] // OFMG – 2004. - № 4. – 2-4 p.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ

Базанова Инна Амандыковна, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан inna_bazanova@mail.ru.

Калиев Сержан Муратович, к.т.н., сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан serje.6@yandex.kz

Татищев Сакен Камильтаевич, м.т.н., ассоц. профессор Каспийский университет, г. Алматы

İRİ QALALARDAĞY JER ASTY KEŇİSTİGİN İGERUDİŇ MƏSELELERİ MEN PERSPEKTİVALARY

Базанова Инна Амандыковна т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, inna_bazanova@mail.ru.

Калиев Сержан Муратович, т.ғ.к., сениор-лектор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, serje.6@yandex.kz

Татищев Сакен Камильтаевич т.ғ.м., ассоц. профессор, Каспий Университеті, Алматы қ., Қазақстан

Андатпа. Мақалада жер асты қалалық кеңістігінің инновациялық дамуының өзекті мәселелері мен перспективалары, жер асты урбанистикасының негізгі теориялық компоненттері және отандық және шетелдік тәжірибеде кездесетін мәселелерді шешудің қазіргі заманғы тәжірибесі қарастырылады.

Ірі қалалардың жер асты кеңістігін белсенді және кешенді пайдаланудың және игерудің басты мақсаты салауатты, ыңғайлы және эстетикалық тартымды қала ортасын қалыптастыра отырып, Ашық көгалдандырылған кеңістіктерді бір мезгілде арттыра отырып, қала халқының еңбек, тұрмыс және демалысы үшін оңтайлы жағдайларды қамтамасыз ету болып табылады. Ал қалалардың орталық бөліктерінің аумағы іс жүзінде игерілгеніне байланысты дамудың негізгі қағидаты-қалыптасқан өңірлерді қайта жаңарту. Осының барлығы терең жоба алдындағы зерттеулерді, көпвариантты жобалауды және баламалы шешімдерді көпфакторлы бағалауды талап етеді.

Қаланың дамуында олардың ортасында тарихи қалыптасқан бір деңгейлі көше желісі өсті, бұл көптеген техногендік проблемаларды туындатады. Қазіргі уақытта жеке мақсаттағы жекелеген жергілікті-көлденең учаскелермен (мысалы, жерасты жаяу жүргіншілер өткелдері) өте шектеулі және тиімсіз игерілетін жер асты кеңістігін қарқынды пайдаланбай көше желісін "кеңейту" іс жүзінде мүмкін емес.

Түйінді сөздер: жер асты кеңістігі, жер асты құрылысы, инфрақұрылым, урбанистика, көлік.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 37-41

ANALYSIS OF SOIL VIBRATIONS OF THE APPROACH EMBANKMENT OF THE RAILWAY BRIDGE

Ivan Bondar, senior-lector, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; ivan_sergeevich_08@mail.ru

Tylyubayeva Zauresh, professor Kazakh Academy of transport and communications named. Almaty, Republic of Kazakhstan, merai-04@mail.ru.

Abstract: This paper presents the results of measurements of the vibration parameters of the main site and the base of the approach embankment of the railway concrete bridge located at 118 km PK 6 Astana-Pavlodar under the influence of circulating rolling stock.

Measurements were made in sections located at a distance of 7, 10 and 20 m from the abutment, in accordance with the methodology developed by the Department "Way and track facilities" Miita under the guidance of doctor of technical Sciences, Professor Es Ashpiz [1, 2] using hardware and software complex (APK) [3] of the Kazakh Academy of transport and communications. M. tynyshpaeva (Republic of Kazakhstan, Almaty). In this study, high-sensitive broadband three-component seismometers with feedback and a mobile vibration measuring complex with a package of applications for data processing and visualization, which are part of the AIC on the modular principle, were used as measuring instruments.

The parameters of vertical, longitudinal and transverse vibrations of the soil of the main site and the base of the approach embankment under the influence of passing trains were measured.

In order to identify the criteria that most fully characterize the behavior of the approach embankment under the vibrodynamic impact of passing trains, the following parameters were analyzed: amplitude-time dependences of vibration speed, vibration displacement and acceleration; From the presented dependences, it can be seen that when passing the train, on the main site, the maximum amplitude of vibration velocity reaches a value of 2.87 mm/s and exceeds the maximum amplitude (1.11 mm/s) of the mound base by 2.6 times. Moreover, the maximum amplitudes practically coincide in time – on the main site the maximum amplitude is fixed at 0.03 s before the maximum amplitude at the base of the embankment (18.30 and 18.33 s, respectively). If necessary, by the time difference, it is possible to calculate the velocity of propagation of surface waves along the slope of the embankment from the impact of a moving load of various types and nature.

The analysis of soil vibrations of the approach embankment subgrade revealed that the most stable parameter characterizing its behavior during the passage of trains is the intensity of vibrations in the frequency band from 0.1 to 10 Hz. This parameter (in this paper is 19.84%) does not depend on the size and nature of the moving load, but depends only on the state of the path and the physical and mechanical properties of the soils from which the mound is built.

Keyword: approach embankment, railway bridge, amplitude-phase characteristics.

УДК 624.21:620.178

И.С. Бондарь¹, З.Д. Тюлюбаева¹

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

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПОДХОДНОЙ НАСЫПИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА

Аннотация. В настоящей работе приведены результаты измерений параметров колебаний основной площадки и основания подходной насыпи железнодорожного железобетонного моста, расположенного на 118 км ПК 6 Астана-Павлодар при воздействии обращающегося подвижного состава. Измерения производились в сечениях, расположенных на расстоянии 7, 10 и 20 м от устоя, в соответствии с методикой, разработанной кафедрой «Путь и путевое хозяйство» МИИТа под руководством д.т.н., профессора Е.С. Ашпиза [1, 2] с использованием аппаратно-программного комплекса (АПК) [3] Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (Республика Казахстан, г. Алматы). В данном исследовании, в качестве средств измерений применялись высокочувствительные широкополосные трехкомпонентные сейсмометры с обратной связью и мобильный виброизмерительный комплекс с пакетом прикладных программ по обработке и визуализации данных, входящие в состав АПК на модульном принципе.

Ключевые слова: подходная насыпь, железнодорожный мост, амплитудно-фазочастотные характеристики.

Измерения производились в сечениях, расположенных на расстоянии 7, 10 и 20 м от устоя, в соответствии с методикой, разработанной кафедрой «Путь и путевое хозяйство» МИИТа под руководством д.т.н., профессора Е.С. Ашпиза [1, 2] с использованием аппаратно-программного комплекса (АПК) [3] Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (Республика Казахстан, г. Алматы). В данном исследовании, в качестве средств измерений применялись высокочувствительные широкополосные трехкомпонентные сейсмометры с обратной связью и мобильный виброизмерительный комплекс с пакетом прикладных программ по обработке и визуализации данных, входящих в состав АПК на модульном принципе.

Измерялись параметры вертикальных, продольных и поперечных колебаний грунтов основной площадки и основания подходной насыпи при воздействии проходящих поездов.

С целью выявления критериев, наиболее полно характеризующих поведение подходной насыпи при вибродинамическом воздействии проходящих поездов, анализировались следующие параметры:

– амплитудно-временные зависимости виброскорости, виброперемещения и виброускорения;

– амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) виброскорости, виброперемещения и виброускорения;

– интегральные параметры (площади спектров мощности) спектральной плотности дисперсии виброскорости S^{10} и S^{50} в частотных диапазонах от 0,1 до 10 Гц и от 0,1 до 50 Гц, соответственно;

– интенсивность колебаний в полосе частот от 0,1 до 10 Гц, соответствующая процентному содержанию энергии колебаний, попадающих в данную спектральную полосу, определяемая по формуле:

$$I = -\frac{S^{10}}{S^{50}} \cdot 100\%I = -\frac{S^{10}}{S^{50}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где S^{10} и S^{50} - площади спектров сигнала в полосе 0,1 – 10 Гц и в полосе 0,1-50 Гц, соответственно.

Особый интерес представляли горизонтальные (продольные и поперечные) составляющие колебательного процесса, которые при определенных условиях могут быть дополнительными воздействующими на конструкцию факторами,

способствующими угону и поперечному сдвигу пути. В качестве примера, на рис. 1, приведены амплитудно-временные зависимости виброскорости поперечных колебаний основной площадки (а) и основания (б) подходной насыпи, полученные в сечении на расстоянии 10 м от устоя при выходе с моста электропоезда со скоростью 102 км/ч.

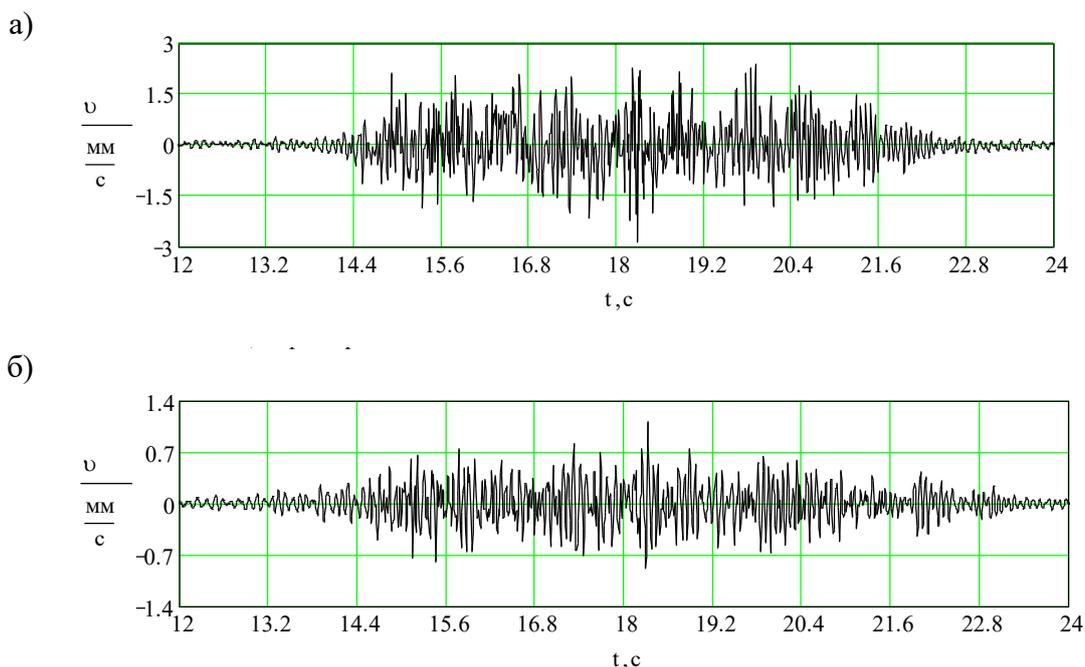


Рис. 1 – Амплитудно-временные зависимости виброскорости поперечных колебаний основной площадки (а) и основания (б) подходной насыпи

Fig. 1 – Amplitude-time dependences of the vibration velocity of transverse vibrations of the main site (a) and base (b) of the access embankment

Из представленных зависимостей видно, что при проходе электрички, на основной площадке, максимальная амплитуда виброскорости достигает величины 2,87 мм/с и превышает максимальную амплитуду (1,11 мм/с) основания насыпи в 2,6 раза. Причем, максимальные амплитуды практически совпадают по времени – на основной площадке максимальная амплитуда зафиксирована на 0,03с раньше максимальной амплитуды в основании

насыпи (18,30 и 18,33с, соответственно). В случае необходимости, по разнице во времени, можно вычислить скорость распространения поверхностных волн по откосу насыпи от воздействия подвижной нагрузки различного типа и характера.

На рис. 2 показаны амплитудно-временные зависимости виброускорения поперечных колебаний основной площадки (а) и основания (б) подходной насыпи, полученные при воздействии того же подвижного состава в том же сечении.

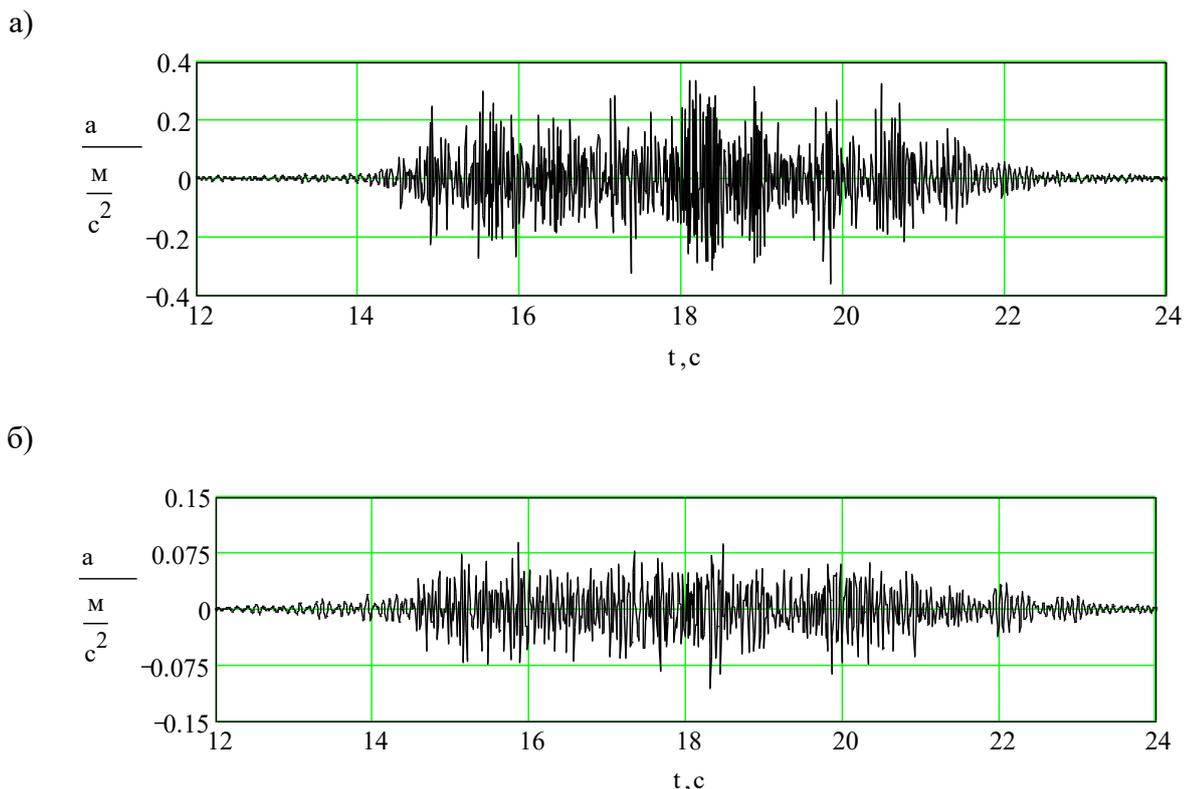


Рис. 2 – Амплитудно-временные зависимости виброускорения поперечных колебаний основной площадки (а) и основания (б) подходной насыпи
 Fig. 2 – Amplitude-time dependences of vibration acceleration of transverse vibrations of the main site (a) and base (b) of the access embankment

В данном случае, максимальная амплитуда виброускорения основной площадки достигла величины $0,34 \text{ м/с}^2$ и превысила максимальную амплитуду ($0,11 \text{ м/с}^2$) основания насыпи в 3,1 раза. Максимальная амплитуда виброперемещения основной площадки (90 мкм) превышала максимальную

амплитуду (15 мкм) основания насыпи в 6 раз.

Из графика спектральной плотности дисперсии виброперемещения основной площадки подходной насыпи в частотном диапазоне от 1 до 10 Гц (рис.3), можно предположить, что спектральный выброс на частоте 1,23 Гц может быть вызван влиянием экипажа.

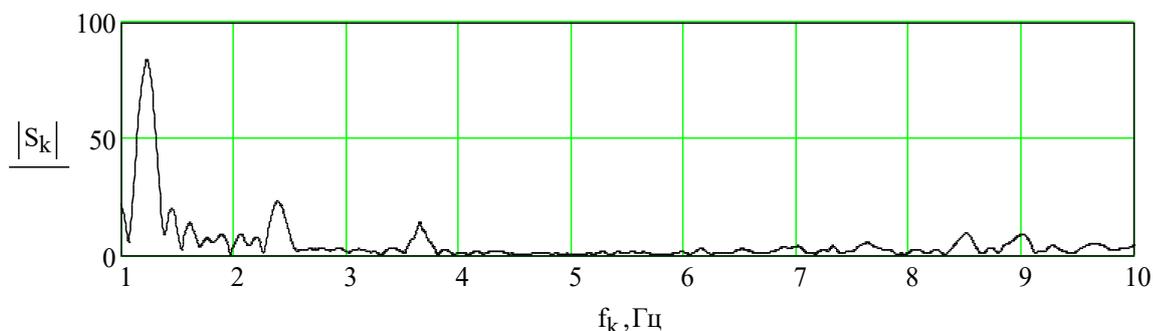


Рис. 3 – График спектральной плотности виброперемещения
 Fig. 3 – Graph of the spectral density of vibration displacement

Вывод. Анализ колебаний грунта земляного полотна подходной насыпи позволил выявить, что наиболее стабильным параметром, характеризующим ее поведение при проходе поездов, является интенсивность колебаний в полосе частот от 0,1 до 10 Гц.

Данный параметр (в настоящей работе равен 19,84%) не зависит от величины и характера подвижной нагрузки, а зависит только от состояния пути и физико-механических свойств грунтов, из которых возведена насыпь [4].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Инструкция по вибродиагностике насыпей на слабых основаниях. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 2541р от 12.12.2012 г., М: ОАО «РЖД», 35 с.
- [2] Инструкция по вибродиагностике высоких насыпей на железных дорогах ОАО «РЖД». Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 2561р от 12.10.2014 г., М: ОАО «РЖД», 30 с.
- [3] Бондарь И.С. Вибродиагностика балочных пролетных строений железнодорожных мостов. Дисс. ... канд. тех. наук. - Москва: 2019. - С.146.
- [4] Квашнин М.Я., Косенко С.А., Бондарь И.С. Вибродиагностика подходной насыпи железнодорожного моста./ Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. - 2017, №2. С. 34-39.

REFERENCES

- [1] *Instrukciya po vibrodiagnostike nasypei na slabyyh osnovaniyah.* [In Russian: Instructions for vibration diagnostics of embankments on weak bases.] Approved by order of JSC "RZD" № 2541p from on 12.12.2012, M: JSC "Russian Railways", p. 35
- [2] *Instrukciya po vibrodiagnostike nasypei na jeleznyh dorogah.* [In Russian: Instructions for vibration diagnostics of high embankments on Railways of JSC "RZD".] Approved by order of JSC "RZD" № 2561p from 12.10.2014 G., M: JSC "Russian Railways", p. 30
- [3] Bondar I. S. *Vibrodiagnostika balochnyh proletnyh stroenii jeleznodoroznyh mostov.* [In Russian: Vibrodiagnostics of beam spans of railway bridges.] Diss. ... kand. tech.SC. Moscow: 2019. P.146.
- [4] Kвашnin M. Ya., Kosenko S. A., Bondar I. S. *Vibrodiagnostika podhodnoi nasypi jeleznodoroznogo mosta.* [In Russian: Vibrodiagnostics of approach embankment of the railway bridge.]/ Bulletin of the Siberian state transport University. - 2017, No. 2. P. 34-39.

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПОДХОДНОЙ НАСЫПИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА

Бондарь Иван Сергеевич – senior-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан ivan_sergeevich_08@mail.ru

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна – профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан merci-04@mail.ru

ТЕМІР ЖОЛ КӨПІРІНІҢ ЖАҚЫН ҮЙІНДІСІ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ТЕРБЕЛІСІН ТАЛДАУ

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

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна – профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, merci-04@mail.ru.

Андатпа. Мақалада жылжымалы құрамның әсерінен б учаскеде орналасқан «Астана-Павлодар» темір жол көпірінің негізгі учаскесі мен теміржол темірбетон көпірінің тербеліс параметрлерін өлшеу нәтижелері келтірілген. Өлшеулер белгіленен орыннан 7, 10 және 20 м қашықтықта орналасқан бөлімдерде, техника ғылымдарының докторы, профессор Е.С. Ашпизаның жетекшілігімен МИИТ-тің «Жолдар мен жолдарды басқару» кафедрасы жасаған әдістеме бойынша жүргізілді. Е.С.Ашпиза [1, 2] аппараттық-бағдарламалық кешенді (АІС) [3] қолдана отырып, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясында (Қазақстан Республикасы, Алматы) жүргізіледі. Бұл зерттеуде өлшеу құралы ретінде жоғары сезімталдықтағы кең құрамды үш компонентті сейсмометрлер және модульдік принцип бойынша агроөнеркәсіптік кешен құрамына кіретін деректерді өңдеуге және бейнелеуге арналған қолданбалы бағдарламалар пакеті бар жылжымалы діріл өлшеу кешені қолданылды.

Түйінді сөздер: жағалау, теміржол көпірі, амплитудалық-фазалық-жиіліктік сипаттамалары.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 42-48

DEVELOPMENT OF VIBRATION PLANT GENERATING HIGH ENERGY VOLTAGE FOR COATING OF VARIOUS FUNCTIONAL PURPOSES

Altynkul Tussupova, Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshbayev, Almaty, Kazakhstan; tussupova73@mail.ru

Gulmira Bikhzhayeva, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshbayev, Almaty, Kazakhstan; gulmira_180866@mail.ru

Gulnaz Karybaeva Cand.Sci.(Eng.), Lecturer Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshbayev, Almaty, Kazakhstan; g_karibaeva@mail.ru

Abstract. In the present article establishes specifications for vibratory installation for deposition of biocomposite coatings. The technical characteristics of the installation are defined. A preliminary experimental technique for obtaining biocomposition coatings and intermetallic compounds has been developed.

Currently, the following main technological operations are performed in vibration plants: grinding, compaction, surface treatment, mechanical activation and homogenization. With a sufficiently high intensity of the processing process in vibration plants, mechanochemical destruction of components occurs, accompanied in certain conditions by the synthesis of compounds (not chemically obtained) and the formation of solid solutions.

To date, there are many designs of vibration mills operating in the construction, chemical and other industries, with a variety of materials. Despite the existence of classifications of vibration mills, they are designed mainly for grinding matter. Application of vibration installation for coating is a new direction of technological process.

A method of coating by vibration method using mechanical energy of ultrasonic vibrations is known [3]. The disadvantages of the ultrasonic method are: low efficiency of energy transfer from the transducer to the balls, the need for a special atmosphere to cool the ultrasonic transducer, restrictions on the time of operation of the installation, energy intensity and cost of the process. The fundamental difference between the developed vibration installation is the use of a mechanical vibration generator instead of an ultrasonic generator to generate energy for the impact of balls.

To improve the performance of vibration plants and reduce their energy consumption, it is necessary to create a combined effect on the material to be processed with the participation of as many grinding bodies as possible in the machining process.

Keywords: bio composite coating, intermetallic compound, synthesis of compounds, vibration, energy stress.

УДК 621.313.13

А.Е. Тусупова¹, Г.С. Бихожаева¹, Г.Б. Карибаева¹

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

РАЗРАБОТКА ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ, ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ВЫСОКОЕ ЭНЕРГОНАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В настоящей статье определены технические характеристики вибрационной установки для нанесения биокomпозиционных покрытий. Определены технические характеристики установки. Разработана предварительная методика эксперимента для получения биокomпозиционных покрытий на основе ГА и интерметаллидных соединений.

Вибрационные установки характеризуются такими технологическими операциями, как: измельчение, уплотнение, поверхностная обработка, механоактивация и гомогенизация. При достаточной высокой интенсивности процесса обработки в вибрационных установках происходит механохимическая деструкция компонентов,

сопровождающаяся в определенных условиях синтезом соединений (не получаемых химическим путем) и образованием твердых растворов.

Существуют конструкции вибрационных мельниц, работающих в строительной, химической и других отраслях промышленности, с разнообразными материалами. Несмотря на наличие классификаций вибрационных мельниц, предназначены они в основном, для измельчения вещества. Применение вибрационной установки для нанесения покрытий является новым направлением технологического процесса.

Ключевые слова: биокомпозиционное покрытие, интерметаллидное соединение, синтез соединений, вибрация, энергонапряжение.

В настоящее время в вибрационных установках выполняют следующие основные технологические операции: измельчение, уплотнение, поверхностную обработку, механоактивацию и гомогенизацию. При достаточной высокой интенсивности процесса обработки в вибрационных установках происходит механохимическая деструкция компонентов, сопровождающаяся в определенных условиях синтезом соединений (не получаемых химическим путем) и образованием твердых растворов.

На сегодняшний день создано множество конструкций вибрационных мельниц, работающих в строительной, химической и других отраслях промышленности, с разнообразными материалами. Несмотря на наличие классификаций вибрационных мельниц, предназначены они в основном для измельчения вещества. Применение вибрационной установки для нанесения покрытий является новым направлением технологического процесса.

Известен способ нанесения покрытий вибрационным методом, используя механическую энергию ультразвуковых колебаний [3]. Недостатками ультразвукового способа являются: низкий коэффициент полезного действия передачи энергии от преобразователя к шарам, необходимость специальной атмосферы для охлаждения ультразвукового преобразователя, ограничения по времени работы установки, энергоемкость и себестоимость процесса. Принципиальным отличием разрабатываемой вибрационной установки является применение механического виброгенератора взамен ультразвукового

генератора для получения энергии ударов шаров.

Определение технических характеристик установки

Вибрационные установки обычно представляет собой камеру, заполненную загрузкой, состоящей из обрабатываемого материала, среды и специальных обрабатывающих тел (шаров, цилиндров, стержней, валков, труб и т.п.). Загрузке сообщается движение посредством вибрационного движения камеры или расположенных в ней специальных рабочих поверхностей. В результате возникают относительные движения частиц загрузки, и в зонах их контакта при соударениях создаются высокие механические напряжения, приводящие к изменению структуры твердых частиц, а также среды, заполняющей пространство между ними. Технологические параметры процесса тесно связаны геометрическими и механическими характеристиками загрузки (размерами тел, скоростью движения частиц, частотой соударений и др.).

Количественные характеристики рабочего процесса вибрационной установки

Параметры загрузки. Загрузка вибрационной мельницы состоит из двух твердых компонентов: обрабатывающих тел (t) и обрабатываемого материала (m), распределенного между телами; пространство между твердыми частицами заполнено сплошной средой. Примем, что частицы загрузки имеют сферическую форму со средними диаметрами соответственно d_t и d_m . Тогда объем одной частицы обрабатывающих тел и обрабатываемого материала определяется по формулам 1 и 2 [5]:

$$V_t = \beta_t d_t^3 \quad (1)$$

$$V_m = \beta_m d_m^3 \quad (2)$$

где β_t, β_m - коэффициенты формы (для сферы $\beta = \pi/6$).

Эти параметры важны для определения степени заполнения камеры. Стоит здесь отметить, что варьируя степень заполнения вибрационной камеры шарами можно изменять характер воздействия на обрабатываемый материал. При малых коэффициентах заполнения движение шаров происходит с максимальной скоростью, однако взаимодействие шаров между собой минимально, что приводит к низким значениям интенсивности подводимой энергии. С увеличением степени заполнения камеры шарами значительно увеличивается частота соударений, но из-за уменьшения длины свободного пробега, шары не успевают разогнаться до больших скоростей.

Скорость движения частиц загрузки. Вибрирующие поверхности камеры сообщают движение периферийным частицам загрузки, которые, соударяясь, передают его более отдаленным слоям и т.д.; таким образом, по загрузке распространяется волна. В процессе распространения направленного колебательного движения его интенсивность уменьшается по мере удаления от колеблющейся поверхности. В

системе возникает хаотическое движение частиц вследствие не центральности их соударений, а также с рассеиванием механической энергии при каждом соударении.

Для повышения производительности вибрационных установок и снижения их энергопотребления требуется создать комбинированное воздействие на обрабатываемый материал с участием как можно большего числа мелющих тел в процессе механической обработки. Создание сложного пространственного движения мелющих тел, которое достигается совмещением их колебательного, поступательного и вращательного движения во всех трех плоскостях призвано повышением эффективности вибрационных установок. Следует также отметить, что в процессе МС независимо от типа механоактиватора, действующая сила на отдельно взятое зерно обрабатываемого материала, всегда будет иметь две составляющих – нормальную и касательную (рисунок 5). Нормальные напряжения способствуют измельчению зерен и деформации кристаллической структуры, а тангенциальные напряжения приводят к деформации структуры по типу зернограничного проскальзывания и играют существенную роль в фазовых превращениях.

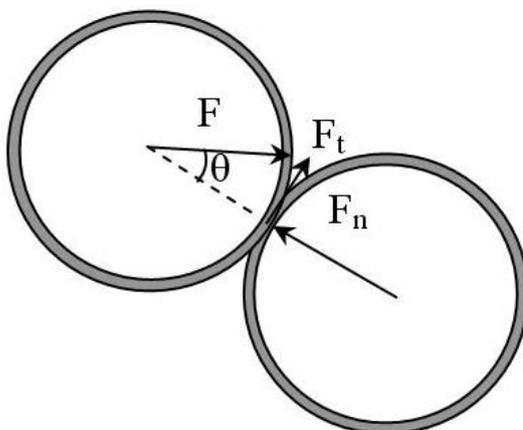
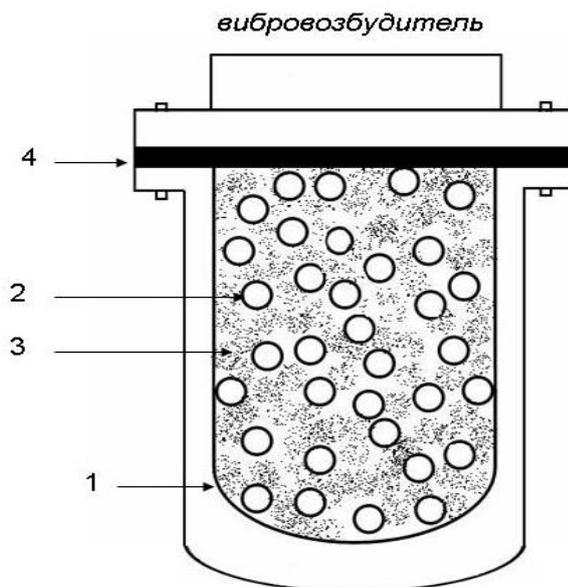


Рис. 1 – Схема разложения силы F столкновения двух шаров на нормальную и касательную составляющие

Fig. 1 – The scheme of expansion of force F of collision of two balls on normal and tangent components

Вибрационная камера должна обеспечить повышенную эффективность соударения шаров с поверхностью обрабатываемого материала и эффективную подачу порошка шарами к поверхности обрабатываемого материала без затора. Исходя из этого, для повышения эффективности соударения шаров с

поверхностью обрабатываемого материала и обеспечения интенсивности подачи порошка к шарам и к поверхности была определена форма вибрационной камеры. Вибрационная камера представляет собой цилиндр с закругленным торцом (рисунок 2)



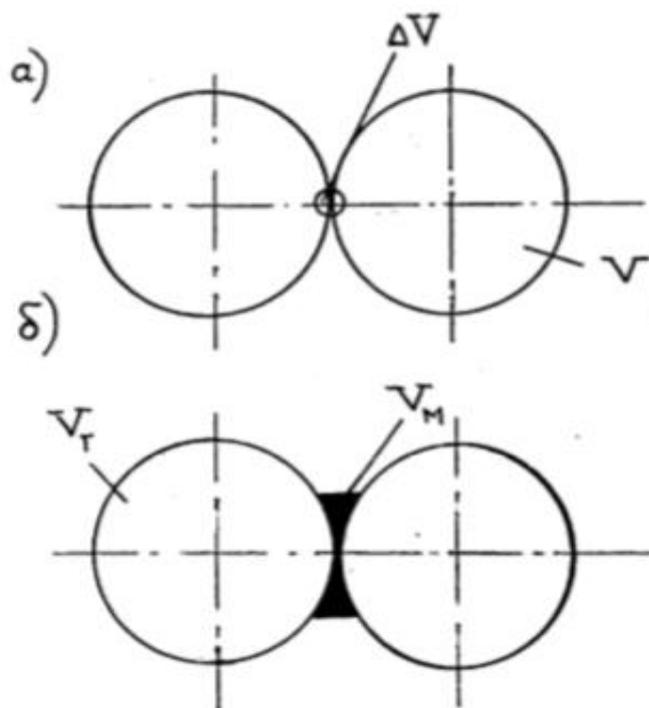
1 – вибрационная камера; 2 – металлические шары;
3 – керамический порошок; 4 – обрабатываемый материал.

Рис. 2 – Схема вибрационной камеры
1 - vibration chamber; 2 - metal balls;
3 - ceramic powder; 4 - processed material
Fig. 2 – Diagram of a vibrating camera

Закругленный торец вибрационной камеры придает шарам интенсивное круговое движение, которое способствует эффективному контакту шаров с поверхностью обрабатываемого материала и частицами порошка, а также увеличению кинетической энергии шаров, что приводит к увеличению энергонапряженности для обрабатываемого материала. А также, при круговом движении шаров обеспечивается эффективная подача порошка к поверхности, что сокращает расход исходных материалов, а касательное соударение шаров к поверхности обрабатываемого материала обеспечивает эффективное налипание порошков, что обеспечивает хорошую адгезию покрытий к подложке.

В вибрационной камере с закругленным торцом шары и частицы порошка совершают сложные пространственные движения, соударяясь друг с другом, с поверхностью обрабатываемого материала и со стенкой камеры. Это дает возможность приводить в движение больше рабочих тел (шары и порошок) и получать гораздо больший уровень энергии при непрерывном столкновении шаров с поверхностью обрабатываемого материала, который достигается увеличением скорости шаров.

Механические напряжения в частицах загрузки. В момент соударения частиц загрузки в результате действия инерционных сил в них возникает напряженное состояние (рисунок 3).



а) соударение частиц материала объемом V
 б) соударение тел объемом V_t с участием материала объемом V_m

Рис. 3 – Возникновение напряженного состояния при соударении частиц загрузки

а) collision of particles of material with volume V

б) collision of bodies with volume V_t with the participation of material with volume V_m

Fig. 3 – Occurrence of a stress state when particles collide.

Величина инерционной силы существенно зависит от степени упругости соударения. В том случае, когда загрузка состоит только из частиц материала, доля объема частиц, в котором достигнуто среднее напряжение σ , определяется формулой 3:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\rho_m E_m}{\sigma^2} c^2, \quad (3)$$

где ΔV - объем частиц, в котором достигнуто среднее напряжение; V объем частиц; ρ_m , E_m - соответственно плотность и модуль упругости материала частиц; c - средняя относительная скорость частиц. Однако определение интенсивности процесса по величине средних механических напряжений, создаваемых в контактах частиц загрузки, неудобно вследствие трудности измерения напряжений, поэтому целесообразно оценивать интенсивность процесса косвенно по легко устанавливаемым механическим характеристикам.

Принципы конструктивного оформления вибрационных мельниц

Вибрационный стенд должен быть укомплектован ящиком управления с таймером (выдержки времени от 0.1 с до 24 суток) и частотным регулятором (1-50 Гц), а также датчиком амплитуды.

Материал для изготовления вибрационной камеры - сталь марки ШХ15. Вибрационная камера должна иметь покрытие из полиуретана для уменьшения загрязнения обрабатываемого материала железом. Объем камеры должен быть определен с учетом толщины покрытий из полиуретана. Мощность электродвигателя должна обеспечить непрерывную работу более 5 часов (для получения интерметаллидных соединений методом МС требуется длительная обработка порошков). В таблице 2 приведены характеристики вибрационных установок разрабатываемой для получения биокomпозиционных покрытий методом МС.

Таблица 2 – Характеристики вибрационного оборудования
 Table 2 – Characteristics of vibration equipment

Наименование	Единица измерения	Количество
Вибростенд	компл	1
Ящик управления с таймером и частотным регулятором	компл	1
Датчик амплитуды	компл	1
Кассета четырехгнездная для стаканов	шт	1
Стаканы (вибрационная камера)	компл	4
Шары из стали ШХ15 Ø 7мм	кг	3
Шары из стали ШХ15 Ø 8мм	кг	3
Керамические шары ZrO ₃	кг	1
Мощность электродвигателя	не менее 2,2 кВт	-
Частота колебаний	50-60 Гц	-
Амплитуда колебаний	до 5 мм	-

Выводы. Таким образом, в настоящей работе в соответствии с поставленной целью на основе анализа литературных данных, разработана и изготовлена вибрационная установка, генерирующая высокое энергонапряжение. Были определены технические характеристики вибрационной установки

для нанесения биокomпозиционных покрытий, а также технические характеристики установки. Разработана предварительная методика эксперимента для получения биокomпозиционных покрытий на основе ГА и интерметаллидных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шашкина Г.А., Шаркеев Ю.П., Колобов Ю.Р. Формирование биокерамических покрытий с высоким содержанием кальция на титане // Перспективные материалы. – 2005.
- [2] Баранов С.М. Керамические композиционные материалы на основе фосфатов кальция для медицины // Успехи химии. – 2010. - Т.79. - №1. - С.13-15.
- [3] Kay M.I., Young R.A., Posner A.S. Crystal structure of hydroxyapatite // Nature.-1964,- Vol.204, - P.1050-1052.
- [4] Сафронова Т.В., Шехиев М.А., Путляев В.И., Третьяков Ю.Д. Керамические материалы на основе гидроксиапатита, полученные из растворов различной концентрации // Неорганические материалы. - 2007, - Т.43, №8. - С.1005-1014.
- [5] Орловский В.П., Курдюмов С.Г., Сливка О.И. Синтез, свойства и применение гидроксиапатита кальция // Стоматология. - 1996, - Е.75, - №5. - С.68-73.
- [6] Вересова А.Г., Путляев В.И., Третьяков Ю.Д. Химия неорганических биоматериалов на основе фосфатов кальция // Российский химический журнал. - 2004, - №4. - С.52-64.

REFERENCES

- [1] Shashkina G.A., Sharkeev U.P., Kolobov U.R. *Formirovanie biokeramicheskikh pokrytii s vysokim sodержaniem kaltsiya na titane* [in Russian: Formation of bioceramic coatings with high calcium content on titanium] // *Perspektivnye materialy*. - 2005.
- [2] Baranov S.M. *Keramicheskie kompozitsionnye materialy na osnove fosfatov kaltsiya dlya meditsiny* [in Russian: Ceramic composite materials based on calcium phosphates for medicine] // *Uspekhi khimii*. – 2010. – Т.79. - №1. – 13-15 p.
- [3] Kay M.I., Young R.A., Posner A.S. Crystal structure of hydroxyapatite // *Nature*.-1964. - Vol.204, - P.1050-1052.
- [4] Safronova T.V., Shekhiev M.A., Putlyaev V.I., Tretyakov U.D. *Keramicheskie materialy na osnove gidroksiapatita, poluchennye iz rastvorov razlichnoi kontsentratsii* [in Russian: Ceramic materials based on hydroxyapatite obtained from solutions of different concentrations] // *Neorganicheskie materialy*. – 2007. – Т.43, №8. – 1005-1014 p.
- [5] Orlovskii V.P., Kurdumov S.G., Slivka O.I. *Sintez, svoistva i primeneniye gidroksiapatita kaltsiya* [in Russian: Synthesis, properties and application of calcium hydroxyapatite] // *Stomatologiya*. – 1996. – Е.75. - №5. – 68-73 p.

- [6] Veresova A.G., Putlyayev V.I., Tretyakov U.D. *Khimiya neorganicheskikh biomaterialov na osnove fosfatov kaltsiya* [in Russian: Chemistry of inorganic biomaterials based on calcium phosphates] // Rossiiskii khimicheskii zhurnal. – 2004. - №4. – 52-64 p.

РАЗРАБОТКА ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ, ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ВЫСОКОЕ ЭНЕРГОНАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тусупова Алтынгүль, к.т.н., сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан;

Бихожаева Гульмира Сагатовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан;

Карибаева Гульназ, к.т.н., лектор, профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан;

ТҮРЛІ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МАҚСАТТАҒЫ ЖАБЫНДАРДЫ ЖАҒУ ҮШІН ЖОҒАРЫ ЭНЕРГИЯ КЕРНЕУІН ӨНДІРЕТІН ДІРІЛДЕТКІШ ҚОНДЫРҒЫСЫН ӘЗІРЛЕУ

Тусупова Алтынгүль, т.ғ.к., сениор-лектор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; tussupova73@mail.ru

Бихожаева Гульмира Сагатовна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, gulmira_180866@mail.ru

Карибаева Гульназ, т.ғ.к., лектор, профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан g_karibaeva@mail.ru

Аңдатпа. Осы бапта биокөмпозициялық жабындарды салуға арналған діріл қондырғысының техникалық сипаттамалары айқындалған. Қондырғының техникалық сипаттамалары анықталды. Интерметаллдық қосылыстар негізінде биокөмпозициялық жабындарды алу үшін Эксперименттің алдын ала әдістемесі әзірленді.

Діріл қондырғылары ұсақтау, тығыздау, беттік өңдеу, механикалық активтендіру және гомогендеу сияқты технологиялық операциялармен сипатталады. Дірілді қондырғыларда өңдеу процесінің жеткілікті жоғары қарқындылығы кезінде белгілі бір жағдайларда қосылыстар синтезімен (химиялық жолмен алынбайтын) және қатты ерітінділердің пайда болуымен ілесе жүретін компоненттердің механикалық деструкциясы жүреді.

Құрылыс, химия және басқа да өнеркәсіп салаларында жұмыс істейтін дірілді диірмендердің әртүрлі материалдары бар конструкциялары бар. Дірілді диірмендердің жіктелуінің болуына қарамастан, олар негізінен затты ұсақтауға арналған. Жабындарды жағу үшін дірілді қондырғыны қолдану технологиялық процестің жаңа бағыты болып табылады.

Түйінді сөздер: биокөмпозициялық жабынды, интерметаллдық қосылыс, қосылыстар синтезі, вибрация, энергия кернеулігі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 48-55

INVESTIGATION OF THE STRESSED STATE OF A MULTIPLY CONNECTED ANNULAR AREA WITH HOLES WHEN EXPOSED TO TEMPERATURE AND EXTERNAL FORCE

Zhadraev Rysdaulet Zhadrauly, candidate of Technical Sciences, associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpaev, Almaty city, Republic of Kazakhstan, zhadravev@mail.ru

Abstract. In that work, it was investigated the issue of stress distributions in the cross sections of the cylindrical part of a seven-chamber vessel. The stresses of the external load in the inner and outer contours of the vessel are determined. Distribution of temperature stresses and stresses from external loads on stress diagrams.

When we calculate the strength of multi-chamber pressure vessels, it is necessary to take into account and determine not only the stresses caused by pressure, but it is also important to determine the stresses caused by thermal expansion during heating of the vessel.

In that work, was investigated the question about the distribution of stresses in the cross section of the cylindrical part of a seven-chamber vessel. Here, the radius of the outer circle is 21 m., the diameter of the inner holes is 10 m.

One quarter of the cross-section of the cylindrical part of the shell is reviewed. The shell is exposed to constant temperature, on the outer surface 20 degrees Celsius, on the surface of the central chamber 100 degrees, and on the other surfaces of the chambers 70 degrees Celsius.

Unequal heating causes temperature stresses in the considering atmosphere. In this case, it is important to determine the stress tensor from thermal expansion.

The problem was solved by the integral equation method of potential theory using a universal computational program compiled by the author of this article. While solving, two symmetry axes were taken into account, which made it possible to divide a quarter of the border area into 150 elements.

In this case, the distributions of the temperature field inside the region were preliminarily determined. The distribution of the temperature field is shown in the figure.

In the study the great interest is the range of stress concentrations, i.e. the area around the internal holes. The figures show temperature stress diagrams in the cross section of the cylindrical part of the shell, which are based on the results of the developed program.

The maximum compressive temperature were obtained on the contour of the central chamber, at the nearest point to the contour of the neighboring hole (135.5 MPa)

The maximum tensile stresses turned out at the points of the external contour and reach 132.8 MPa in a particular case. For all points of the central hole contour, compressive stresses are changed. The temperature stresses, at a positive temperature on the external circuits, will be tensile, and compressive on all circuits of the internal openings. Radial stresses reach their maximum values at the internal points of the region, and are equal to zero on all contours. This confirms the correctness of the solved problem and which allows to determine the stress concentration factor is equal to 1.49.

Now, one fourth of the cross section of the vessel shown above is loaded with internal pressure of intensity $q = 0.098$ MPa. The border area was divided into 98 segments. The figures show voltage plots. The stress concentration coefficient was obtained equal to 1.48. Two types of loading were considered here: in the first case, the load was set only on the internal surfaces, and in the second only on the external surfaces. As a result of the calculation, the stress-strain states from both types of loading were determined and stress diagrams were constructed, which are shown in the figures. According to the calculation results, it was found that the concentration coefficient is 1.33.

Analysis of the research work performed showed that the creation of prestress on the outer surface of the corps reduces the concentration of stress in the area when it is loaded with internal pressure.

Keywords: stress state, temperature stresses, method of integral equations, potential theory, seven-chamber vessel, stress concentration, irregular heating, stress diagrams, stress tensor, universal computer program, radial stresses, tangential stresses.

УДК 517.968:531

Р.Ж. Жадрев¹

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

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОСВЯЗНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ОБЛАСТИ С ОТВЕРСТИЯМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВНЕШНЕЙ СИЛЫ

Аннотация. В данной работе исследован вопрос о распределении напряжений в поперечном сечении цилиндрической части семикамерного сосуда. Определены напряжения, вызванные температурным расширением при нагревании сосуда и от воздействия внешней нагрузки во внутренних и внешних контурах сосуда. Распределение температурных напряжений и напряжений от внешних нагрузок показаны на эпюрах напряжений.

Ключевые слова: напряженное состояние, температурные напряжения, метод интегральных уравнений, теория потенциала, семикамерный сосуд, концентрация

напряжений, неравномерное нагревание, эпюры напряжений, тензор напряжений, универсальная вычислительная программа, радиальные напряжения, тангенциальные напряжения.

При расчете на прочность многокамерных сосудов высокого давления необходимо учитывать и определить не только напряжения, вызванные давлением, а также важно определить напряжения, вызванные температурным расширением при нагревании сосуда.

В данной работе исследован вопрос о распределении напряжений в поперечном сечении цилиндрической части семикамерного сосуда (рис. 1) методом потенциала.

Суть метода потенциала заключается в том, что решение представляется суперпозицией функций источника с последующим сведением краевой задачи к сингулярным интегральным уравнениям (СИУ) на границе области.

Граничные интегральные уравнения составляют путем представления решения задачи в виде интеграла по границе области от фундаментального решения, распределенного на ней с некоторой искомой плотностью. Такую форму

решения получают на основе теории потенциала при использовании теоремы Бетти, или же просто путем использования принципа суперпозиции фундаментальных решений.

Эти особенности позволяют уменьшить объем вычислений и требуемую оперативную память ЭВМ; понизить на единицу размерность области аппроксимации. При имеющихся вычислительных средствах можно решать более сложные задачи, увеличивается точность решения. Напряжение вычисляется не посредством дифференцирования приближенно найденных смещений, что приводит к потере точности, а путем прямого вычисления интегралов. Несущественно различие между внутренней и внешней задачами. Требуемое количество исходных данных невелико при использовании метода интегральных уравнений. В семикамерном сосуде радиус внешней окружности – 21 м., диаметр внутренних отверстий – 10 м.

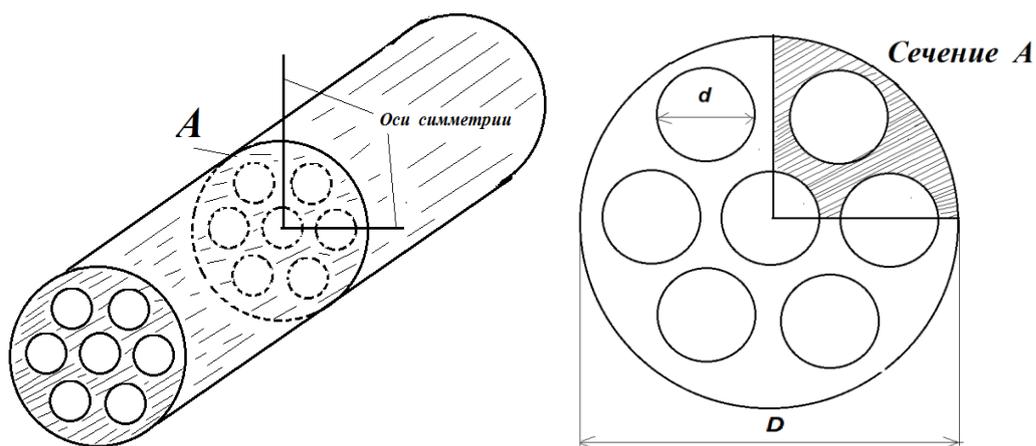


Рис. 1 – Семикамерный сосуд
Fig. 1 – Seven-chamber vessel

Рассмотрим одну четвертую часть поперечного сечения цилиндрической части корпуса. Корпус подвергся

воздействию постоянной температуры, на внешней поверхности 20°C , на поверхности центральной камеры 100°C , а

на остальных поверхностях камер задавались 70°C (рис. 2).

Неравномерное нагревание вызывает температурные напряжения в рассматриваемой среде. В этом случае важно определить тензора напряжений от температурного расширения.

Исследование напряженного состояния многосвязной кольцевой области с отверстиями при воздействии температуры и внешней силы производилось методом интегральных уравнений / 1 – 5/ теории потенциала. По разработанной автором этой статьи универсальной вычислительной программе получены численные результаты актуальной задачи.

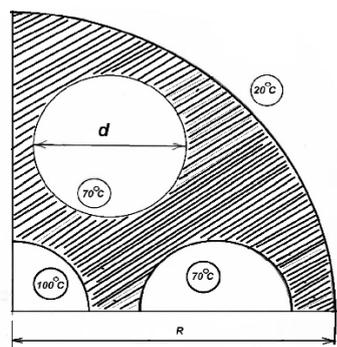


Рис. 2 – Одна четвертая часть поперечного сечения цилиндрической части корпуса
 Fig. 2 – One fourth of the cross section of the cylindrical part of the body

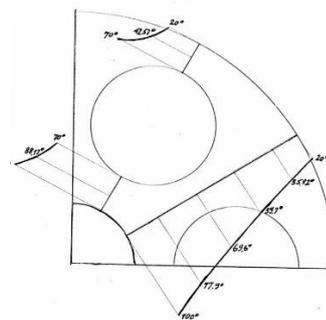


Рис. 3 – Распределение температуры внутри области
 Fig. 3 – Temperature distribution within the region

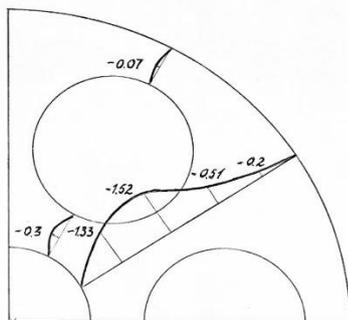


Рис. 4 – Радиальные температурные напряжения
 Fig. 4 – Radial temperature stresses

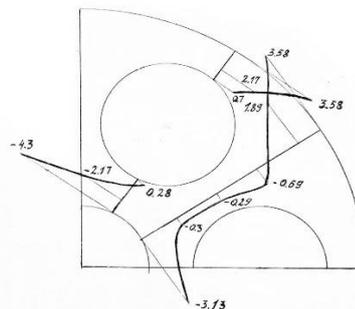


Рис. 5 – Тангенциальные температурные напряжения
 Fig. 5 – Tangential temperature stresses

Анализ выполненных исследований показал, что создание предварительного напряжения на внешней поверхности корпуса уменьшает концентрацию напряжения в области при его загрузке внутренним давлением.

Выводы. Максимальные растягивающие напряжения получились в точках внешнего контура и достигают в конкретном случае 132,8 МПа. Для всех точек контура центрального отверстия получены сжимающие напряжения. Таким образом, установлено, что максимальные значения напряжений, полученные в районе точки А, находятся на расстоянии **0.4 d** от поверхности внутренних отверстий. Между внутренними отверстиями по радиальному направлению тангенциальные напряжения меняют знаки. Температурные

напряжения, при положительной температуре на внешних контурах, будут растягивающими, а на всех контурах внутренних отверстий – сжимающими. Радиальные напряжения достигают максимальных значений во внутренних точках области, а на всех контурах равны нулю. Это подтверждает правильность решенной задачи и позволяет определить коэффициент концентраций напряжений равный 1.49. По результатам расчета установлено, что коэффициент концентраций равен 1.33.

Выполненное исследование показало, что создание предварительного напряжения на внешней поверхности корпуса уменьшает концентрацию напряжения в области при его загрузке внутренним давлением.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Купрадзе В.Д. Методы потенциала в теории упругости. - М., Физматгиз, 1963, 472 с.
- [2] Купрадзе В.Д. и др. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. М., Наука, 1976, 664 с.
- [3] Майзель В.М. Температурная задача теории упругости. – Киев: Изд-во АН УССР, 1969, 152 с.
- [4] Жадраев Р.Ж. Решение трехмерных задач термоупругости с учетом изменения коэффициента поперечной деформации. Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия физико-математическая.- 2014.- № 6 (298).- С. 40-43.
- [5] Жадраев Р.Ж. Решение краевой задачи для составной области методом интегральных уравнений теории потенциала. Доклады НАН РК, №1, 2016. стр. 49-53

REFERENCES

- [1] Kupradze V.D. Mtdoy potenciala v teorii uprugosti [In Russian: Potential methods in the theory of elasticity]. М., Fizmatgiz, 1963,472 pp.
- [2] Kupradze V.D. etc. Trehmernye zadachi matematicheskoi teorii uprugosti i termouprugosti [In Russian: Three-dimensional problems of the mathematical theory of elasticity and thermoelasticity]. М., Nauka, 1976.664 pp.
- [3] Meisel V.M. Temperaturnye sadachi teorii uprugosti [In Russian: The temperature problem of the theory of elasticity]. Kiev, Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1969.152 pp.
- [4] Zhadraev R.Zh. Reshenie trehmernyh sadach termouprugosti s uchetom izmeneniya koehfficienta poperechnoi deformacii [In Russian: The solution of three-dimensional problems of thermoelasticity, taking into account changes in the coefficient of transverse deformation]. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physicomathematical series.-2014.-No.6, (298) .- 40-43.
- [5] Zhadraev R.Zh. Reshenie kraevoi zadachi dlja sostavnoi oblasti metodom integralnyh uravnenii teorii potenciala [In Russian: The solution of the boundary value problem for a composite domain by the method of integral equations of potential theory]. Reports of the NAS of the Republic of Kazakhstan, No. 1, 2016. Pp. 49-53.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОСВЯЗНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ОБЛАСТИ С ОТВЕРСТИЯМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВНЕШНЕЙ СИЛЫ

Жадраев Рысдаулет Жадраулы, к. т. н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, zhadrayev@mail.ru

**ТЕМПЕРАТУРА ЖӘНЕ СЫРТҚЫ КҮШ ӘСЕР ЕТКЕН КЕЗДЕГІ ТЕСІКТЕРІ БАР
КӨПБАЙЛАНЫСТЫ САҚИНАЛЫ АУДАННЫҢ КЕРНЕУЛІ КҮЙІН ЗЕРТТЕУ**

Жадраев Рысдәулет Жадраұлы, т. ғ. к., ассоциирленген профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, zhadrayev@mail.ru

Аңдатпа. Бұл жұмыста жетікамералы құрылымның көлденең қимасының цилиндрлік бөлігіндегі кернеудің таралуы зерттелінеді. Құрылым қызған кездегі температуралық ұлғаюдан туындайтын кернеу анықталған. Олардың таралуы кернеулердің эпюраларында көрсетілген. Осы құрылымдағы ішкі контурларға және сыртқы контурға сыртқы күштер әсер еткен кездегі кернеулердің таралуын көрсететін кернеулердің эпюралары келтірілген.

Түйінді сөздер: кернеулі күй, температуралық кернеулер, интегралдық тендеулер әдісі, потенциал теориясы, жетікамералы құрылым, кернеулердің концентрациясы, қалыпсыз қыздыру, кернеулер эпюралары, кернеулер тензоры, әмбебап есептеу бағдарламасы, радиалдық кернеулер, тангенциалдық кернеулер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 55-65

**ARTIFICIAL PROTECTIONS APPLIED ON THE RAILWAYS OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN FOR THE FIGHT AGAINST MOBILE SANDS**

Inna Bazanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

Saulet Shayakhmetov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

Abstract: The article discusses the urgent problems of combating sand drifts for the adoption of effective control measures which are necessary, first of all, to study the characteristics of the sands of the area, the strength and predominant direction of the wind, the shape of the sand topography, their mobility. Analyzing the above methods, a normative and technical document was completed. The most effective way of protection is to create a vegetation zone on a strip 100–1500 meters wide on both sides of the path perpendicular to the direction of sand movement. Grass or shrubs grow only under the guise of artificial protection. Such protection is exposed in the fall in rows of 2-5m in order to accumulate winter precipitation. Shields of plant materials and sheaves are dug into the sand to a depth of 25-30 cm perpendicular to the direction of the prevailing winds. For cultivation, breeds are selected in accordance with local soil and climatic conditions and plantings are treated with potassium permanganate, boric acid and other substances. Typically, plant protection begins to work successfully after 3-4 years, while the wind speed at the ground decreases so much that sand transfer stops. According to the degree of sand entering, the sections of the track are divided into three categories: highly entered, where sand is constantly transported, and the track requires continuous systematic clearance; weakly entered, where the sand is less mobile, and the path is cleaned periodically; sections passing in fixed sand, where there is no danger of drifts, but constant monitoring of the state of sand consolidation is required.

Keywords: Moving sands. Sand drifts. The mound. Slopes. Agroforestry. High-ranking shields. Geosynthetic materials.

УДК 625.163.164.

И.А. Базанова¹, С.Б. Шаяхметов¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникации имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан

**ИСКУССТВЕННЫЕ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАНА ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОДВИЖНЫМИ ПЕСКАМИ**

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы борьбы с песчаными заносами, для принятия эффективных мер борьбы которых необходимо, прежде всего, изучить особенности песков данного района, силу и преимущественное направление ветра,

формы песчаного рельефа, их подвижность. Анализируя вышеприведенные методы выполнен нормативно-технический документ.

Ключевые слова: подвижные пески, песчаные заносы, насыпь, откосы, агролесомелиорация, высокорядные щиты, геосинтетические материалы.

Строительство и эксплуатация железных дорог в районах с подвижными песками (в пустынях, полупустынях и др) сопряжены со значительными денежными и трудовыми затратами на обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов. Это вызвано тем, что отдельные участки дорог находятся под постоянной угрозой песчаных заносов и выдувания грунта земляного полотна. Предупреждение этих явлений, эффективная защита от них в условиях песчаных пустынь и полупустынь – важная народно-хозяйственная задача, от правильного решения которой зависит нормальная эксплуатация железной дороги.

Работы на путях и сооружениях должны выполняться под руководством должностных лиц. Руководители работ обеспечивают постоянный контроль за соблюдением правил производства работ и несут ответственность за безопасность движения поездов, а также обеспечивают контроль за выполнением требований охраны труда, техники безопасности, соблюдением безопасной технологии всеми работниками. Если должностное лицо руководит работой впервые, то на месте производства работ обязательно присутствие более опытного работника пути, старшего по должности, отвечающего за безопасность движения поездов [1-2].

Встречая препятствие – насыпь, пески откладываются на ее откосах, а затем перемещаясь вверх, образуют песчаные отложения на пути в форме языков толщиной до 0,7 м и шириной до 2 м, бугристомассовых заносов толщиной до 2 м и шириной до 20 м, сплошных заносов длиной до 2 км. Заносы последних двух видов образуются постепенно, и к их отражению можно заранее подготовиться. В виде языков песок откладывается неожиданно, поэтому такой занос представляет наибольшую опасность для движения поездов.

Наиболее эффективный способ защиты – создание растительной зоны на полосе шириной 100-1500 метров с обеих сторон пути перпендикулярно направлению движения песков. Трава или кустарник растут только под прикрытием искусственной защиты. Такую защиту выставляют осенью рядами через 2-5м, чтобы накопить зимние атмосферные осадки. Весной производятся посадки, но защита не убирается несколько лет, пока молодые посадки не окрепнут. Щиты из растительных материалов и снопы вкапывают в песок на глубину 25-30см перпендикулярно направлению господствующих ветров. Для выращивания подбирают породы в соответствии с местными почвенными и климатическими условиями и обрабатывают посадки марганцовокислым калием, борной кислотой и другими веществами. Обычно растительная защита начинает работать успешно через 3-4 года, при этом скорость ветра у земли уменьшается настолько, что перенос песка прекращается.

Рекомендуется, в первую очередь, закреплять пески во впадинах между барханами, где они менее подвижны и более увлажнены. Сначала сеют траву, а затем сажают кустарники.

По степени заносимости песком участки пути делятся на три категории: сильно заносимые, где постоянно переносится песок, а путь требует сплошной систематической расчистки; слабо заносимые, где песок менее подвижен, а путь очищают периодически; участки, проходящие в закрепленных песках, где опасности заносов нет, но требуется постоянный надзор за состоянием закрепления песков.

На участках первых двух категорий за состоянием пути устанавливают тщательный надзор, вводят дополнительные обходы. При незначительном отложении песка на пути

его удаляют и разбрасывают по ветру вручную, в отдельных случаях используют снегоочистители. Большие заносы расчищают с помощью землеройной техники.

На участках, подверженных песчаным заносам, откосы полотна содержат всегда спланированными; выгруженный для путевых работ балласт не должен возвышаться над поверхностью балластной призмы.

В практике борьбы с песчаными заносами на железных дорогах приходится иметь дело с различными методами и способами задержания и закрепления песков, а также предохранения земляного полотна и балластной призмы от выдувания. В основном таких методов два: живая пескозащита и искусственная (механическая) защита Подпрядов Н.А. [3-6].

Однако эффективность каждого из этих методов и практические способы их применения могут быть разными в разных районах в зависимости от особенностей подвижных песков, силы и направления ветра, рельефа местности.

Следовательно, для принятия эффективных мер борьбы с песчаными заносами необходимо, прежде всего, изучить особенности песков данного района, силу и преимущественное направление ветра, формы песчаного рельефа, их подвижность и только тогда принимать окончательное решение о методах и способах борьбы с песчаными заносами [7-9].

Из двух основных методов борьбы с песчаными заносами закрепление песков растительностью следует отнести на первое место как наиболее эффективное. Имеющиеся уже положительные результаты посадок растительности убедительно свидетельствуют, что этот способ дает возможность окончательно остановить движение песков и устранить всякую опасность песчаных заносов.

Агролесомелиорация, несомненно, является лучшим способом закрепления песков и предотвращения заносов на

железных дорогах. Однако бывают случаи, когда необходимо в течение более или менее длительного срока применять искусственные защиты. Эти защиты необходимы, когда создается непосредственная угроза заноса железнодорожного пути от близко расположенных подвижных песчаных массивов, на которых, вследствие неблагоприятных почвенных условий, разведение растительности затруднено, когда необходимо выровнять (снивелировать) песчаный рельеф, отодвинуть силой ветра песчаные бугры от пути или когда требуется предохранить посевы и посадки от выдувания и засыпания их песком.

На железных дорогах применяются следующие основные типы искусственных защит: высокорядные, полускрытые, скрытые, клеточные, торчковые, устилочно-рядовые и устилочные сплошные.

Искусственные защиты впервые начали применяться в 90-х годах прошлого столетия и были тогда названы «механическими». Такое их название сохранилось до наших дней. Однако сейчас понятие «механические» всегда подразумевает машинную технику, механизацию производственных процессов, вследствие чего мы считаем более правильным эти типы защит называть искусственными, а к механической защите относить пескоочистительные машины, скреперы, бульдозеры, автотранспорт и др. механизмы, применяемые на пескозащитных и пескоукрепительных работах.

В качестве материала для устройства этих защит можно использовать щитовую планку, камыш, хворост, солому.

Высокорядные, полускрытые и скрытые защиты устанавливаются в один или несколько непрерывных рядов перпендикулярно преобладающему направлению ветра. Они отличаются одна от другой своей высотой над поверхностью песка (рисунок 1).

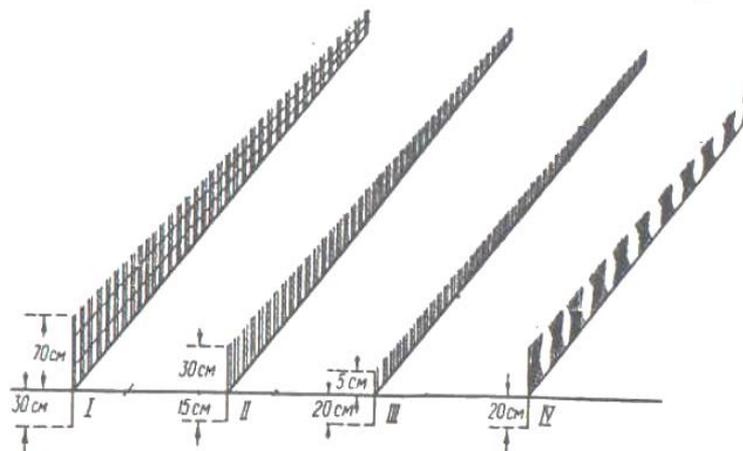


Рис. 1 – Порядок установки щитовых планок (камыш, хворост, солома)
Figure 1 – The order of installation of panel boards (reeds, brushwood, straw)

Непроницаемые высокорядные защиты (рисунки 2-4) впервые были применены для предотвращения песчаных заносов на Ашхабатской железной дороге. В настоящее время они применяются на участках многих железных дорог

(Мангистауская дистанция пути ПЧ-13 и Шалкарская дистанция пути ПЧ-8), где имеет место поступательное или поступательно-колебательное движение барханов и барханных цепей.



Рис. 2 – Вертикальные и горизонтальные доски пескозащитного щита
Figure 2 – Vertical and horizontal sandblasting boards



Рис. 3 – Камышовый пучок
Fig. 3 – Reed beam



Рис. 4 – Пескозащитный щит размером 2,0x0,7м
Fig. 4 – Sand protection board measuring 2.0x0.7m

Непроницаемые высокорядные заносов на Шалкарской дистанции пути
защиты из карагача (рисунки 5-7) были ПЧ-8.
применены для предотвращения песчаных



Рис. 5 – Подготовка пучков карагача для установки и закапывания в траншею
Fig. 5 – Preparation of elm bundles for installation and digging in a trench



Рис. 6 – Рытье траншеи
Fig. 6 – Digging a trench



Рис. 7 – Установка карагачей с трамбовкой песка
Fig. 7 – Installation of elbows with tamping sand

Устанавливается высокорядная защита с наветренной стороны пути. Вертикально поставленные и плотно прижатые один к другому пучки карагача, хвороста или специально изготовленные карагачевые щиты (из спрессованного карагача) высотой 70-190 см и толщиной 5 см закапываются на глубину 25-30 см. После этого грунт около них тщательно утрамбовывается. Эту работу рекомендуется производить после дождей, так как влажный песок обеспечивает большую устойчивость щитовой линии.

По прошествии некоторого времени непроницаемые щиты обычно зарабатываются, т.е. засыпаются на значительную часть своей высоты песком. Поэтому их необходимо периодически подтягивать – вытаскивать до установленной высоты.

Клеточные защиты (рисунки 8-11) за последнее время получили широкое распространение на всех участках железных дорог, подверженных песчаным заносам, не только как мера по закреплению движущихся песков, но и как наиболее надежное мероприятие по защите посадок и посевов от выдувания и засыпания их песком. Клеточные защиты предотвращают выдувание и засыпание песком семян или саженцев при ветрах любого направления. Так как внутри клеток все же наблюдается незначительное выдувание песка, рекомендуется посадки и посев растений в клетках производить ближе к щитам. Клеточные защиты применяются на Шалкарской дистанции пути ПЧ-8 и Саксаульской дистанции пути ПЧ-59.



Рис. 8 – Рытье гнезд для пучков камышей
Fig. 8 – Digging nests for reed bunches



Рис. 9 – Камышитно-чеканное пескозадерживающее сооружение, клетка размером 4x4 м
Fig. 9 – Reed-hammered sand-holding structure, 4x4 cage



Рис. 10 – Процесс забивания кольев для установки геосинтетических сеток
Fig. 10 – The process of driving stakes for the installation of geosynthetic grids



Рис. 11 – Сеточная клетка из геосинтетических материалов
Fig. 11 – Mesh cage made of geosynthetics

Высокорядные проницаемые щиты широко применяются для защиты железнодорожного пути от снежных

заносов. Для борьбы с песчаными заносами снеговые щиты в последние годы стали применяться на Ашхабатской железной

дороге на расстоянии до 100м от оси пути. В настоящее время для борьбы с песчаными заносами высокорядные проницаемые щиты (рисунок 12) применяются на Алтынкольской дистанции пути ПЧ-62.

На всех филиалах акционерного общества «Национальная компания

«Қазақстан темір жолы» - «Дирекция магистральной сети» применяются стандартные щиты трех типов: - размерами 2,0×1,5м с просветами, составляющими 47% площади всего щита; 2,0×2,0м с площадью просвета 43%; 2,0×1,5м с площадью просвета 37%.



Рис. 12 – Установка пескозащитных щитов в козлы

Fig. 12 – Installation of sand shields in the goats

Высокорядные щиты изготавливаются из щитовой планки преимущественно сосновой или еловой. Для изготовления стандартного щита размером 2,0×2,0м требуется 0,042м³ лесоматериалов; вес такого щита (из сосны) около 23,3 кг. Щитовая линия составляется так, чтобы крайние вертикальные планки соседних щитов накладывались одна на другую. Щиты закрепляются с помощью кольев, к которым они привязываются в верхних углах мочалой, пеньковой веревкой или лозовыми прутьями. Колья должны иметь длину 3м, диаметр 7-8см.

Высокорядные проницаемые щиты устанавливаются в один или несколько параллельных рядов. Если направление ветра по отношению к оси пути образует острый угол, необходимо для предотвращения языковидных отложений на полотне устанавливать отводы щитовой линии перпендикулярно направлению ветра и обязательно в сторону поля.

Щиты описанного типа, так же как и палисадные, которые представляют собой

лишь несколько измененную форму проницаемых снеговых щитов, не зарабатываются и поэтому служат значительно дольше, чем непроницаемая защита. Однако, в условиях пустыни, где на месте отсутствуют необходимые лесоматериалы, изготовление таких щитов затруднительно и обходится дорого.

Согласно распоряжению директора Департамента пути и сооружений группа исполнителей НТД посетили следующие дистанции пути:

- 1) Шалкарскую дистанция пути - ПЧ-8;
- 2) Мангистаускую дистанция пути - ПЧ-13;
- 3) Алтынкольскую дистанция пути - ПЧ-62;
- 4) Саксаульскую дистанция пути - ПЧ-59.

Цель выездов в ПЧ - изучение необходимых материалов, сбор исходной информации и съемка фото и видеохронометража по видам работ, изучение методов и способов задержания и

закрепления подвижных песков для определения наиболее эффективных защит пути, в зависимости от местности и климатических условий.

На предприятиях были выполнены следующие виды работ:

- очистка железнодорожного пути от барханного песка, (ст. Байкадам - РЗД Бегимбет, тип рельса – Р65, шпалы– железобетонные, скрепления – ФОССЛО, балласт – щебеночный. Высота заносимого песка составляет - 25см.);

- установка пескозадерживающих сооружений из дерева (карагач), (Перегон Шалкар - Сарыжиде, км 11, пикет № 5. По направлению километража с правой стороны);

- установка камышитно-чеканного пескозадерживающего сооружения, (Перегон Шалкар - Сарыжиде, км 11 пикет № 6. По ходу километража с левой стороны);

- очистка железнодорожного пути от барханного песка (наружной нити),

(РЗД Сарыжиде, тип рельса – Р65, шпалы– железобетонные, скрепления – ФОССЛО, балласт – щебеночный. Высота заносимого песка составляет – 26 см.);

- очистка тракционного пути депо от песка, длиной 43,5 м. (подрезка)

(ст. Мангистау, тип рельса – Р43, шпалы– деревянные, скрепления – ДО, балласт – песчаный);

- сборка и установка щита из камыша с деревянным каркасом (перегон Мангистау – РЗД Тамак, км. 400 пикет 8);

- сборка и установка щита из камыша с металлическим каркасом (перегон Мангистау – РЗД Тамак, км. 400 пикет 7);

- ремонт щита из камыша с металлическим каркасом (перегон Мангистау – РЗД Тамак, км. 400 пикет 7);

- ремонт щита из камыша с деревянным каркасом (перегон Мангистау – РЗД Тамак, км. 400 пикет 6);

- установка щитов из 3 секций на готовые стойки (перегон Мангистау – РЗД Тамак, км. 399 пикет 2);

- установка стойки и одного щита (перегон Мангистау – РЗД Тамак, км. 399 пикет 2);

- очистка главного пути от песка на перегоне с машиной СДПМ (Локомотивная тяга ТЭ33А. перегон. Абай - РЗД17, Саксаульская дистанция пути - ПЧ-59);

-устройство сеточной клетки для задержки песка (станция Абай);

-очистка крестовины и контррельсов от подвижного песка (станция Абай, Стрелочный перевод марки 1/11 на железобетонных брусьях).

Анализируя вышеприведенные методы и способы по защите железнодорожных линии от заноса подвижным песком, разработан нормативно-технический документ «Типовые технологические карты на работы по пескоборьбе на магистральной железнодорожной сети» [10].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ, утвержденная приказом Вице-президента акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» от 29 декабря 2012 года № 1235-ЦЗ.
- [2] Правила технической эксплуатации железнодорожного транспорта, утвержденные приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 апреля 2015 года №544.
- [3] Подпрядов Н.А. Борьба с песчаными заносами на железных дорогах. М.: Трансжелдориздат, 1958. 136стр.
- [4] Закиров Р.С. Железные дороги в песчаных пустынях. Проектирование, сооружение земляного полотна и эксплуатация пути. – М.: Транспорт, 1980, - 221 с.
- [5] Закиров Р. С., Омаров А. Д. Оптимизация организации пескозакрепительных работ при строительстве и эксплуатации железных дорог в аридных регионах. (Монография) /Под ред. Р.С. Закирова, ч.П. - Алматы.: Бастау, 2002, 150 с.
- [6] Карпущенко Н. И. и др. Расчет железнодорожного пути на прочность и устойчивость.: Учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002,62 с.
- [7] Мирахмедов М. Технология и организация работ по закреплению подвижных песков. – Ташкент.: Фан, 1991, 143 с.

- [8] Мирахмедов М. М., Алексеев В. Б., Досметов С. К. Особенности технического нормирования пескозакрепительных работ. Науч.тр. ТашИИТа. Вып.194/41. – Ташкент.: ТашИИТ. 1985, С. 47-49.
- [9] Шаяхметов С.Б. Напряженно-деформированное состояние земляного полотна железнодорожного пути при статических и динамических нагрузках. /Монография/ - Алматы: КазАТК, 2015. – 222с.
- [10] Типовые технологические карты на работы по пескоборьбе на магистральной железнодорожной сети – Астана: АО «НК «Қазақстан темір жолы», 2018. – 296 с.

REFERENCES

- [1] *Instrukchiya po obespecheniya bezopasnosti dvigeniya poezdov pri proizvodstve putevyykh rabot* [in Russian: Instructions for ensuring the safety of train traffic during track work] approved by order of the Vice-President of the National Company Kazakhstan Temir Zholy of December 29, 2012 No. 1235-TsZ.
- [2] *Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii gelesnodorognogo transporta* [in Russian: Rules for the technical operation of railway transport] approved by order of the Minister for Investment and Development of the Republic of Kazakhstan dated April 30, 2015 No. 544.
- [3] *Podprydov N.A. Borba s peschanyimi sanosami na gelesnykh dorogach* [in Russian: Podprydov N.A. Fighting sand drifts on the railway] М.: Transzheldorizdat, 1958. 136 pp.
- [4] *Sakirov R.S. Gelesnye dorogi v peschanykh pustynyah. Proektirovaniye, sooruzheniye semlyanogo polotna i ekspluatatsiya puti* [in Russian: Zakirov R.S. Railways in the sandy deserts. Design, construction of the subgrade and operation of the track] - М.: Transport, 1980, - 221 p.
- [5] *Sakirov R.S.Omarov A.G. Optimisachya organisachii peskosakrepiteknykh rabot pri stroitelstve i ekspluatatsii puti* [in Russian: Zakirov R. S., Omarov A. D. Optimization of sandblasting organization during the construction and operation of railways in arid regions] (Monograph) / Ed. R.S. Zakirova, part II. - Almaty.: Bastau, 2002, 150 p.
- [6] *Karpuschenko N.I. i dr. Raschet gelesnodorognogo puti na prochnost i ustoichivost* [in Russian: Karpuschenko N. I. et al. Calculation of the railway track for strength and stability] Textbook allowance. Novosibirsk: SGUPS Publishing House, 2002.62 p.
- [7] *Mirakhmedov M. Technologiya i organisachia rabot po sakrepleniyu podvignyykh peskov* [in Russian: Mirakhmedov M. Technology and the organization of work to consolidate moving sand] - Tashkent.: Fan, 1991, 143 p.
- [8] *Mirakhmedov M.M., Alekseev V.B., Dosmetov S.K. Osobennosti tekhnicheskogo normirovaniya peskosakrepiteknykh rabot* [in Russian: Mirakhmedov M. M., Alekseev V. B., Dosmetov S. K. Features of technical standardization of sanding works] Scientific TashИТА. Vol. 194/41. - Tashkent.: TashИТ. 1985, S. 47-49.
- [9] *Schaiakhmetov S.B. Napryagooonno-depormirovannoe sostoyaniye zemlyanogo polotnyaf geletsnodorogo puti pri staticheskikh i dinamicheskikh nagruok* [in Russian: Shayakhmetov S.B. The stress-strain state of the subgrade of the railway track under static and dynamic loads] / Monograph / Almaty: KazATK, 2015. -- 222s.
- [10] *Tipovye tekhnologicheskije karty na raboty po peskoborbe na magistralnoi gelesnodorognoi seti* [in Russian: Typical technological maps for sandblasting works on the main railway network] - Astana: JSC "NC Kazakhstan Temir Zholy", 2018. - 296 p.

ИСКУССТВЕННЫЕ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОДВИЖНЫМИ ПЕСКАМИ

Базанова Инна Амандыковна, д.т.н., профессор Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан inna_bazanova@mail.ru.

Шаяхметов Саулет Берликашевич, д.т.н., профессор Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ТЕМІР ЖОЛДАРЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰМДАРМЕН КҮРЕСКЕ АРНАЛҒАН, ЖАСАНДЫ ҚОРҒАҒЫШТАР

Базанова Инна Амандыковна, т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, inna_bazanova@mail.ru.

Шаяхметов Саулет Берликашевич, т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан,

Аңдатпа: Мақалада құмды сырғулармен күрестің өзекті проблемалары қарастырылған, күрестің тиімді шараларын қабылдау үшін ондағы қажеттілік, ең алдымен, берілген аудан құмының ерекшеліктерін, желдің күші мен басымды бағыттарын, құмды рельефтің формаларын, олардың жылжушылығын оқып танысу. Жоғарыда келтірілген әдістерді талдау арқылы нормативті-техникалық құжат даярланды.

Түйінді сөздер: Жылжымалы құмдар. Құмды сырғулар. Үйінкі. Еңістіктер. Агролесомелиорация. Жоғары қатарлы қалқандар. Геосинтетикалық материалдар.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 65-71

SUBSTANTIVE PROVISIONS OF TIRELESS DESTRUCTION OF MATERIALS

Zhumaseitova Anar Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; ajumaseitova@mail.ru

Aimurzayeva Zhazira Cand.Sci.(Eng.), Assistant Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; aimurzaeva@mail.ru

Tulubaeva Zauresh Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; merci-04@mail.ru

Abstract. The development of contact fatigue defects such as cracks significantly reduces the performance of the rails. They are especially dangerous because of the sharp drop in the strength of the metal in the zone of location of defects of a type 21 developed to the size of 15-20% of the cross-sectional area of the rail head significantly impair the strength, ductility and energy capacity of the rails, and when the size of the crack is equal to 30% of the sectional area of the head silvercast (breaking load) has decreased several times and reaches 200-500 kN.

A correct assessment of the strength and durability, and justification of the strength reserves of rails under operating conditions, is possible only on the basis of the criteria of fracture mechanics. The J-integral is a measure of the intensity of the stress-strain state in the vicinity of the crack vertex inside the plastic zone, except for the immediate region in the immediate vicinity of the vertex. The main advantage of the invariant j-integral is that it allows you to remove restrictions on the size of the crack and the sample, which is mandatory in the conditions of application of kin KIC Irwin and determine the characteristics of the crack resistance of the test sample of small dimensions [3].

The presence of various defects in the material, as well as technological stress concentrators, causes the appearance of local plastic deformations in some parts of the structure. Such plastically deformable areas of the body under repeated loads, are the centers of origin of fatigue cracks, which developing into the main cracks of critical magnitude, leads to the destruction of the rails. Therefore, the kinetics of the origin and growth of the fatigue crack is the main factor that determines the durability of the rails. Kinetic diagrams of fatigue failure are preferably obtained using as a parameter the range of the cyclic I-integral ΔI , which was determined by the dependence (4) [10].

It should be noted that the deformation characteristics are particularly widely used in the study of low-cycle fatigue, at the same time, as shown in [5] and under multicycle loading, the role of plastic deformations in the more General case can be called inelastic deformations, can be very significant. A typical cyclic deformation diagram is shown in figure 2.

Comparison of the transition stress from elastic to inelastic deformation shows (figure 25) that for cyclic stable materials, which include rail steels, the diagrams of static and cyclic deformation coincide [10].

Keywords: Contact fatigue defects, stress intensity factor, crack resistance, stress-strain state, fatigue failure.

УДК 620

А.Б. Жумасейтова¹, Ж.К. Аймурзаева¹, З.Д. Тюлюбаева¹

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

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Корректная оценка прочности и долговечности, обоснование запасов прочности рельсов, находящихся в условиях эксплуатации, возможны только на базе критериев механики разрушения. J-интеграл является мерой интенсивности напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины трещины внутри пластической зоны,

за исключением непосредственной области в непосредственной окрестности вершины. Основное преимущество инвариантного J -интеграла заключается в том, что позволяет снять ограничения на размеры трещины и образца, что является обязательным в условиях применения КИН K_{IC} Ирвина, и определять характеристики трещиностойкости из испытаний образца малых размеров [3]. Для оценки определения критической трещины в головке рельса предлагается использовать критерий Ирвина- критический коэффициент интенсивности напряжений, определяемый по циклическому I-интегралу (3).

Ключевые слова. Контактно-усталостные дефекты, коэффициент интенсивности напряжений, трещиностойкость, напряженно-деформированное состояние, усталостное разрушение.

Непрерывный рост грузонапряженности железных дорог, осевых нагрузок подвижного состава и скоростей движения поездов требуют дальнейшего повышения эксплуатационной стойкости рельсов. Эта проблема не может быть успешно разрешена без создания эффективных методов расчета их надежности и долговечности.

Точка соприкосновения колеса и рельса, перемещаясь к рабочей грани головки рельса, ведет к образованию усталостных дефектов в зоне контакта, которые, развиваясь, могут вызвать внезапное разрушение рельса.

Указанные усталостные дефекты наблюдаются и на стрелочных переводах, чаще в кривых, в основном на внутренней грани головки контррельса. Они возникают также на отрезках, где часто происходит боксование колес. В кривых увеличенное проскальзывание тяговых колесных пар способствует появлению усталостных повреждений; то же самое происходит в местах сварки рельсов.

Развитие контактно-усталостных дефектов типа трещин существенно снижает работоспособность рельсов. Особенно опасны они из-за резкого падения прочности металла в зоне расположения дефектов типа 21, развитие которых до размеров 15-20% площади сечения головки рельса значительно ухудшают стойкость, пластичность и энергоемкость рельсов, а при размере трещины равной 30% площади сечения головки силоемкость (разрушающая нагрузка) уменьшается уже в несколько раз и достигает 200-500 кН.

Экспериментальные исследования по определению критической величины

трещины, при которых происходит хрупкое разрушение, показали [1], что хрупкое разрушение рельсов существенно зависит от условий эксплуатации. Корректная оценка прочности и долговечности, и обоснование запасов прочности рельсов, находящихся в условиях эксплуатации, возможна только на базе критериев механики разрушения.

Глубина усталостной трещины растет по мере того, как увеличивается время эксплуатации рельсов. Это ведет к выкрашиванию рабочей грани головки рельса и образованию продольных трещин, в результате чего возникает опасность излома рельса.

J -интеграл является мерой интенсивности напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины трещины внутри пластической зоны, за исключением непосредственной области в непосредственной окрестности вершины.

Аналогично как и для K_{IC} , критерий разрушения можно представить в виде [2]:

$$I = I_{IC} \quad (1)$$

где I_{IC} – характеристика материала (при соблюдении условий плоской деформации), которая должна соответствовать величине G_{IC} и K_{IC} , определяемых на более крупных образцах:

$$I_{IC} = G_{IC} = \frac{K_I^2(1 - \nu^2)}{E} \quad (2)$$

Зависимость будет использована для определения критической длины трещины в головке рельса через критический

коэффициент интенсивности напряжения K_{IC} Ирвина в виде:

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{I_{IC}E}{(1-\nu^2)}} \quad (3)$$

Основное преимущество инвариантного J -интеграла заключается в том, что позволяет снять ограничения на размеры трещины и образца, что является обязательным в условиях применения КИН K_{IC} Ирвина и определять характеристики трещиностойкости из испытаний образца малых размеров [3]. Учитывая, что между величиной раскрытия вершины трещины (δ_k - критерий) и изменением потенциальной энергии при росте трещины существует корреляционная зависимость, нами предложено определять размах циклического I -интеграла ΔI по следующему уравнению [4,5]:

$$\Delta I = \beta \sigma_{эфф} \Delta \delta \quad (4)$$

где $\sigma_{эфф}$ - эффективное напряжение, определяемое как полусумма предела текучести и предела прочности; β - коэффициент условий нагружения.

Для сравнительной оценки использовано определение ΔI по модифицированной зависимости Райса-Черепанова в виде:

$$\Delta I = \int_{\Gamma} \Delta W \cdot dy - \Delta \sigma_{ij} n_j \left(\frac{\partial \Delta n_i}{\partial x} \right) ds \quad (5)$$

где $\Delta W = \int_{\Gamma} \Delta \sigma_{ij} d\Delta \varepsilon_{ij}$ плотность потенциальной энергии циклической деформации; $\Delta T_{ij} = \Delta \sigma_{ij} n_j$ - размах величины усилия растяжения; ds - приращение длины дуги вдоль контура.

Наличие в материале различных дефектов, а также технологических концентраторов напряжений вызывает в отдельных местах конструкции появление локальных пластических деформаций. Такие пластически деформационные области тела в условиях повторных нагружений являются очагами зарождения усталостных трещин, которые развиваясь в

магистральные трещины критической величины, приводят к разрушению рельсов. Поэтому кинетика зарождения и роста усталостной трещины является основным фактором, обуславливающим долговечность рельсов.

Процесс усталостного разрушения условно описывается следующими этапами:

- зарождение (иницирование) усталостной трещины вблизи концентратора напряжений (включения, поры, сульфиды, волосовина в головке рельса);

- докритический стабильный рост трещины;

- закритическое динамическое быстрое распространение трещины, приводящее к хрупкому разрушению.

В первых исследованиях усталостного разрушения, начатых в прошлом веке Велером, отдельные этапы разрушения не изучали.

В последние десятилетия основное внимание уделяется докритическому росту усталостных макротрещин [6-9]. При этом было показано, что на стадии докритического роста усталостной трещины скорость ее распространения dl/dN , если однозначна функция коэффициента интенсивности напряжений. Так, Пэрисом впервые была предложена зависимость в виде [3]:

$$\frac{dl}{dN} = C_1 (K_{I_{max}} - K_{I_{min}})^2, n=4 \quad (6)$$

где $K_{I_{min}}$, $K_{I_{max}}$ - соответственно минимальное и максимальное значения коэффициента интенсивности напряжений за цикл; C_1 - константа материала; N - число циклов.

Многочисленные экспериментальные исследования хорошо подтверждают эту формулу, причем, показатель степени n для парных материалов располагается в интервале от 2 до 7.

Формула Пэриса описывает средний (линейный) участок полной диаграммы усталостного разрушения,

которая имеет S-образный вид (рисунок 1).
 Для описания полной диаграммы

усталостного разрушения предложено
 много аналитических зависимостей [10].

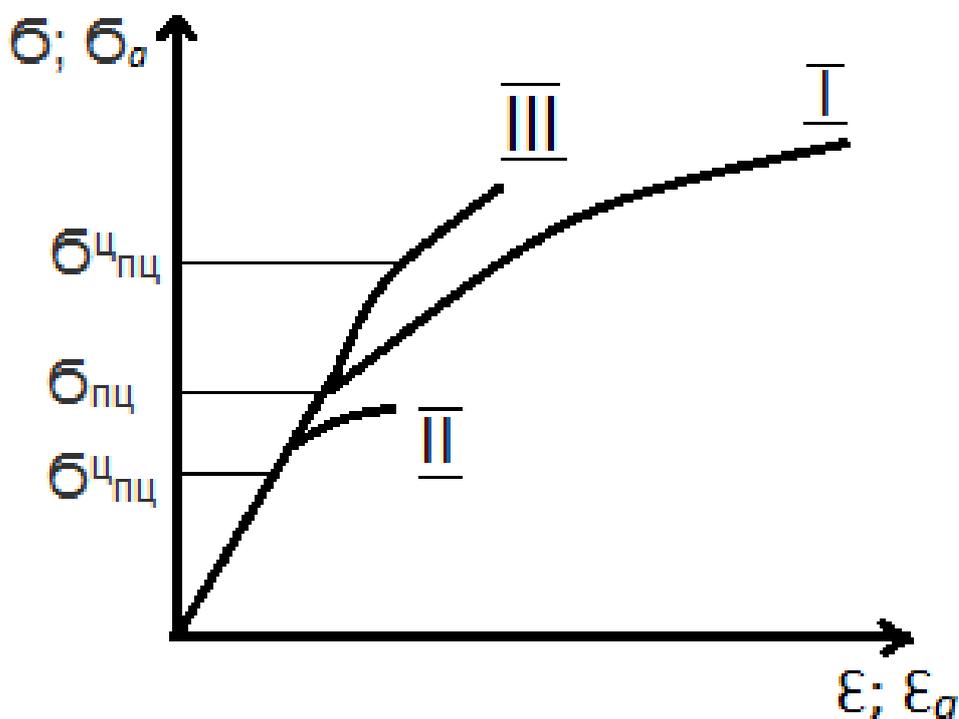


Рис. 1 – Диаграммы статического и циклического деформирования
 I- статическое; II, III-циклическое для упрочняющихся (III) и разупрочняющихся (II) материалов
 Fig. 1 – Diagrams of static and cyclic deformation
 I-static; II, III-cyclic for hardening (III) and softening (II) materials

Скорость роста усталостной трещины обычно ставят в соответствие максимальному коэффициенту интенсивности напряжений цикла K_{max} или его размаху $\Delta K = K_{max} - K_{min}$, характеризующему напряженно-деформированное состояние вокруг вершины трещины в условиях линейной механики разрушения.

Кинетические диаграммы усталостного разрушения предпочтительнее получить, используя в качестве параметра размах циклического I-интеграла ΔI , который определялся по зависимости (4) [10].

При использовании энергетических характеристик, по мнению [10], следует учитывать, что при многоцикловом нагружении существенным является разделение суммарной энергии на опасную

и неопасную, с точки зрения ее вклада в развитие процесса усталостного повреждения.

Повышение достоверности прогноза циклической трещиностойкости требует использования характеристик, полученных непосредственно при циклическом нагружении и знания влияния на эти параметры различных факторов.

Следует отметить, что деформационные характеристики особенно широко применяются при исследовании малоциклового усталости, в то же время, как показано в [5] и при многоцикловом нагружении роль пластических деформаций в более общем случае могут быть названы неупругими деформациями, может быть весьма существенной. Типичная диаграмма циклического деформирования приведена на рисунке 2.



Рис. 2 – Схематическое изображение полной диаграммы усталостного разрушения
 Fig. 2 – Schematic representation of the complete fatigue failure diagram

Энергетическим критериям повреждений, позволяющим проводить расчеты как при линейном, так и при сложном напряженном состоянии, посвящены работы профессора П. А. Павлова, Г.С.Писаренко, Г.П.Черепанов, А.С.Лебедева [5, 6].

Сравнение напряжении перехода от упругого к неупругому деформированию показывает (рисунок 2), что для циклических стабильных материалов, к которым относятся рельсовые стали, диаграммы статического и циклического деформирования совпадают [10]. В заключение были сделаны следующие выводы:

1. Существующие методы испытаний на усталостную прочность и долговечность полнопрофильных рельсовых проб по критериям силоемкости (разрушающая нагрузка), силоемкости (поглощенная энергия) и пластичности (стреле прогиба) при статическом и

циклическом изгибе являются, по существу копровыми испытаниями на ударную вязкость по методике трехточечного изгиба, что неадекватно отображает контактно-усталостную трещиностойкость рельсов в условиях эксплуатации. Это подтверждается результатами испытаний рельсовых проб пропущенного тоннажа 300 млн.т.брутто, когда силоемкость рельсов понизилась на 17 %, а пластичность и энергоемкость – почти в 4-5 раз.

2. Показано, что для циклически стабильных материалов, к которым относятся рельсовые стали, диаграмма статического и циклического деформирования совпадают.

3. Для оценки определения критической трещины в головке рельса предлагается использовать критерий Ирвина- критический коэффициент интенсивности напряжений, определяемый по циклическому I-интегралу (3).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Омаров А.Ж. Повышение эффективности работы бесстыкового пути. - Сб. Напряжения и деформации в железнодорожных конструкциях. - Новосибирск, 1988, - С. 44-48.
- [2] Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава.—М.: Транспорт, 1986.—559 с.
- [3] Брок Д. Основы механики разрушения. Пер с англ.—М., Высшая школа, 1980.- С.368.
- [4] Писаренко Г. С., Лебедев А. А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению при сложном напряженном состоянии.—Киев.: Наукова думка, 1969.—212 с.
- [5] Биттибаев С.М. Механика малоциклового разрушения. // Сб. Наука и образование 97-Шымкент, 1997,-С. 143-149.
- [6] Жумасейтова А. Б. Оценка напряженного состояния в головке рельса при смещении бандажа колеса от вертикальной оси рельса.-Алматы (Деп. в КазгосИНТИ 22.12.1997. № 8060 - Ка 97.-С.6
- [7] Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов.-М.: Metallurgy, 1975. - С.456.
- [8] Биттибаев С.М., Толстунова Т.С., Жумасейтова А.Б. Структурно-кинетический механизм докритического роста трещин при длительных воздействиях.//Материалы II Междун. научно-техн. конф. «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта, Москва, 1996,- С.79.
- [9] Биттибаев С.М., Шегенова Ж.Б., Толстунова Т.С., Жумасейтова А.Б. Структурная особенность докритического роста трещин при длительных воздействиях. // Материалы IV Межгосударственной конференции, Санкт-Петербург, Белгород, 1995, - С.55-56.
- [10] Трошенко В. Т. Некоторые особенности деформации материалов при многоцикловом нагружен. - ФХММ, 1997, № 2, С. 5-14.

REFERENCES

- [1] Omarov A. J. *Povysheniye effektivnosti raboty besstykovogo puti.* - *Sb. Napryazheniya i deformatsii v zheleznodorozhnykh konstruksiyakh.* - Novosibirsk, 1988, - S. 44-48. [in Russian: Omarov A.Zh. Improving the efficiency of the jointless path. - Sat Stresses and deformations in railway structures. - Novosibirsk, 1988, - S. 44-48.
- [2] Verigo M. F., Kogan A. YA. *Vzaimodeystviye puti i podvizhnogo sostava.*—M.: Transport, 1986.—559 s. [in Russian: Verigo M. F., Kogan A. Ya. Interaction of the track and rolling stock. — M.: Transport, 1986.
- [3] Broek D. *Osnovy mekhaniki razrusheniya.* Per s angl.—M., Vysshaya shkola, 1980.- S.368.[in Russian: Broek D. Fundamentals of fracture mechanics. Translated from English.- M., Higher School, 1980.- P.368.
- [4] Pisarenko G. S., Lebedev A. A. *Soprotivleniye materialov deformirovaniyu i razrusheniyu pri slozhnom napryazhennom sostoyanii.*—Kiyev.: Naukova dumka, 1969.—212 s. [in Russian: Pisarenko G. S., Lebedev A. A. Resistance of materials to deformation and fracture under complex stress conditions. — Kiev: Naukova Dumka, 1969.
- [5] Bittibayev S.M. *Mekhanika malotsiklovogo razrusheniya.* // *Sb. Nauka i obrazovaniye 97-Shymkent, 1997,- S. 143-149.*[in Russian: Bittibaev S.M. The mechanics of low-cycle destruction. // Sat Science and Education 97-Shymkent, 1997, -C. 143-149.
- [6] Zhumaseytova A. B. *Otsenka napryazhennogo sostoyaniya v golovke rel'sa pri smeshchenii bandazha koleasa ot vertikal'noy osi rel'sa.-Almaty (Dep. v KazgosINTI 22.12.1997. № 8060 - Ka 97.-S.6* [in Russian: Zhumaseitova A. B. Assessment of the stress state in the rail head when the wheel band is offset from the vertical axis of the rail.-Almaty (Dep. In KazgosINTI 12/22/1997. No. 8060 - Ka 97.-C.6
- [7] Ivanova V.S., Terent'yev V.F. *Priroda ustalosti metallov.-M.: Metallurgiya, 1975. - S.456.* [in Russian: Ivanova V.S., Terentyev V.F. The nature of metal fatigue.-M.: Metallurgy, 1975. -- P.456.
- [8] Bittibayev S.M., Tolstunova T.S., Zhumaseytova A.B. *Strukturno-kineticheskiy mekhanizm dokriticheskogo rosta treshchin pri dlitel'nykh vozdeystviyakh.*//*Materialy II Mezhdun. nauchno-tekhn. konf. «Aktual'nyye problemy razvitiya zheleznodorozhnogo transporta, Moskva, 1996,- S.79.* [in Russian: Bittibaev S. M., Tolstunova T. S., Zhumaseitova A. B. Structural-kinetic mechanism of subcritical crack growth under prolonged exposure.// Materials II Intern. scientific and technical conf. “Actual problems of the development of railway transport, Moscow, 1996, - P.79.
- [9] Bittibayev S.M., Shegenova ZH.B., Tolstunova T.S., Zhumaseytova A.B. *Strukturnaya osobennost' dokriticheskogo rosta treshchin pri dlitel'nykh vozdeystviyakh.* // *Materialy IV Mezhdun. nauchno-tekhn. konferentsii, Sankt-Peterburg, Belgorod, 1995, - S.55-56.* [in Russian: Bittibaev S.M., Shegenova Zh.B., Tolstunova T.S., Zhumaseitova A.B. Structural feature of subcritical crack growth under prolonged exposure. // Materials of the IV Interstate Conference, St. Petersburg, Belgorod, 1995, - P. 55-56.
- [10] Troshchenko V.T. *Nekotoryye osobennosti deformatsii materialov pri mnogotsiklovom nagruzhen.* - *FKHMM, 1997, № 2, S. 5-14.* [in Russian: Troshchenko V. T. Some features of the deformation of materials during multi-cycle loading. - FKHMM, 1997, No. 2, S. 5-14.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Жумасейтова Анар Балтабаевна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская Академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; ajumaseitova@mail.ru

Аймурзаева Жазира Кенесовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская Академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; aimurzaeva@mail.ru

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна, профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, merci-04@mail.ru

МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ТОЗЫП ҚИРАУЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕРІ

Жумасейтова Анар Балтабаевна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан ajumaseitova@mail.ru

Аймурзаева Жазира Кенесовна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; aimurzaeva@mail.ru

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна – профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, merci-04@mail.ru.

Аңдатпа: Беріктілік пен төзімділігі дұрыс бағаланған және пайдалану жағдайында болған рельстердің беріктілік қорын негіздеу тек қирау механикасының өлшемдері негізінде ғана мүмкін болады. J-интегралдың шыңның тікелей маңайындағы аймақты қоспағандағы, пластикалық аймақтың ішіндегі жарықшақтар шыңының маңайындағы кернеулі-деформацияланған жай-күй қарқындылығының өлшемі болып табылады. Инвариантты J-интегралдың негізгі артықшылығы сызаттар мен үлгілердің өлшемдеріне шектеулерді алып тастауға мүмкіндік береді. Бұл кернеу қарқындылық коэффициенті КҚК Ирвинді қолдану жағдайында міндетті болып табылады және шағын өлшемді үлгіні сынаудан жарыққа төзімділіктің сипаттамаларын анықтайды [3]. Рельс басында критикалық жарықты анықтауды бағалау үшін Ирвин критерийін пайдалану ұсынылады. I-Интегралы цикл бойынша анықталатын кернеу қарқындылығының критикалық коэффициенті болып табылады (3).

Түйіндісөздер: Түйісіп тозуынан қирау, кернеу қарқындылық коэффициенті, жарыққа төзімді, кернеулі деформацияланған жағдай, тозып қирауы.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 71-77

ANALYSIS OF THE VALIDITY OF USING AUTOMOBILE PATH

Turly Dyusengalieva, Ph.D., assistant professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; mukhtarova.t67@mail.ru

Aigul Uteshbaeva, Ph.D., assistant professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; a.uteshbaeva@mail.ru

Abstract: The functional purpose of the road consists of ensuring uninterrupted, convenient and safe movement of vehicles with high speed, permissible dimensions, axial loads and total weight at any time of the year and in any weather conditions. One of the urgent problems today is the study of issues related to the intensive growth of traffic in recent years and the development of construction works and reconstruction of roads.

The road is characterized by technical level and operational conditions.

Technical level-the degree of stable (unchanged during operation or changed only during reconstruction and major repairs) compliance of geometric parameters, characteristics of the track and its structures with regulatory requirements. This is a design width of the roadway and subgrade, and vertical curves, the length and coolness of UPS and downs, the height of the mound and depth of cut, size and load capacity of bridges and overpasses, layout elements, etc.

Operational condition-the degree of compliance of transient parameters and characteristics of the path, engineering equipment, organization and traffic conditions, meteorological conditions and the level of content that change during operation as a result of the impact of vehicles, regulatory requirements. This pavement strength, surface condition of the road and actually used the width of the roadway and the curb, the quality of adhesion and evenness of coverage, condition of the engineering equipment, paths, driveways and circulation paths, etc.

Road quality-the degree of compliance of the whole complex of indicators of technical level, operational condition, engineering equipment and arrangement, as well as the level of maintenance of roads to regulatory requirements.

The elements of the path, its state and properties are characterized by a large number of parameters, characteristics and indicators that have certain differences.

Indicators of technical level and operational condition can have absolute values of parameters and characteristics of roads or coefficients, that is, relative values. In absolute terms, these indicators reveal well the physical values of the estimated parameters, but complicate the comparative assessment. Comparative indicators allow us to immediately draw a conclusion about the compliance of a certain parameter with the established requirements.

Keywords: asphalt concrete, sandstone, berikt, tegistik, zhamylgy

ӘОЖ 625.7/8.004

Т.М. Дюсенгалиева¹, А.А. Утешбаева¹

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ПАЙДАЛАНЫМДАҒЫ АВТОМОБИЛЬ ЖОЛЫНЫҢ КҮЙІНЕ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Асфальтбетонды жабынның қаттылығы бойынша сапасын бақылау талдауы келтірілген. Жолдың функционалдық мақсаты-жылдың кез келген уақытында және кез келген ауа райы жағдайларында жоғары жылдамдықтарда тегіс, жайлы және қауіпсіз қозғалысты, рұқсат етілетін мөлшерді, осьтік жүктемелерді және көлік құралдарының жалпы массасын қамтамасыз ету. Соңғы жылдары қозғалыс қарқындылығының жылдам өсуіне, сондай-ақ қолданыстағы автомобиль жолдарын қайта жаңартуға және құрылыс жұмыстарының дамуына байланысты асфальтбетонды қоспалардың проблемаларын зерттеуге байланысты бүгінгі таңда өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Тас жолы техникалық деңгеймен және пайдалану жағдайымен сипатталады.

Түйін сөздер: асфальтбетон, көлік, беріктік, тегістік, жамылғы.

Жолдың функционалдық мақсаты жылдың кез келген уақытында және ауа райының кез келген жағдайларында жоғары жылдамдықтағы, рұқсат етілген габариттері, осьтік жүктемелері және жалпы массасы бар автомобильдердің үзілмейтін, ыңғайлы және қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз етуден тұрады. Қозғалыс қарқындылығының соңғы жылдарда қарқынды өсуіне байланысты және пайдаланымдағы автомобиль жолдарының қайта жаңартылуы мен құрылыс жұмыстарының дамуына байланысты асфальтбетон қоспаларына қатысты мәселелерді зерттеу бүгінгі күні өзекті мәселелерінің бірі болып табылады.

Автомобиль жолы техникалық деңгеймен және пайдалану жағдайымен сипатталады.

Техникалық деңгей-жолдың және оның құрылыстарының геометриялық

параметрлерінің, сипаттамаларының нормативтік талаптарға тұрақты (пайдалану процесінде өзгермейтін немесе қайта жаңарту және күрделі жөндеу кезінде ғана өзгертін) сәйкестік дәрежесі. Бұл жолдың жүру бөлігі мен жер төсемінің жобалық ені, тік және қисық ұзындықтары, көтерулер мен түсірулердің ұзындығы мен тіктілігі, үйіндінің биіктігі мен ойып алу тереңдігі, Көпірлер мен жол өтпелерінің габариттері мен жүк көтергіштігі, жайластыру элементтері және т. б.

Пайдалану жай-күйі-көлік құралдарының әсер етуі нәтижесінде пайдалану процесінде өзгертін жолдың ауыспалы параметрлері мен сипаттамаларының, инженерлік жабдықтардың, қозғалысты ұйымдастыру мен жағдайларының, метеорологиялық жағдайлардың және күтіп-ұстау деңгейінің нормативтік талаптарға сәйкестігі дәрежесі.

Бұл жол жамылғысының беріктігі, жол бетінің жай-күйі және жүріс бөлігі мен жол жиегінің нақты қолданылатын ені, жабынның тіркесу сапасы мен тегістігі, инженерлік жабдықтардың жай-күйі, жолдарды, кіру және өту жолдары мен т. б.

Жолдың сапасы-техникалық деңгей, пайдалану жай-күйі, инженерлік жабдықтар мен жайластыру көрсеткіштерінің бүкіл кешенінің, сондай-ақ жолды күтіп ұстау деңгейінің нормативтік талаптарға сәйкестігі дәрежесі.

Жолдың элементтері, оның жай-күйі мен қасиеттері белгілі бір айырмашылықтарға ие параметрлердің, сипаттамалардың және көрсеткіштердің көп санымен сипатталады.

Техникалық деңгей мен пайдалану жай-күйінің көрсеткіштері жолдардың параметрлері мен сипаттамаларының абсолюттік мәндері немесе коэффициенттер, яғни салыстырмалы шамалар болуы мүмкін. Абсолютті түрде бұл көрсеткіштер бағаланатын параметрлердің физикалық мәнін жақсы ашады, бірақ салыстырмалы бағалауды қиындатады. Салыстырмалы түрдегі көрсеткіштер бірден белгілі бір параметрдің белгіленген талаптарға сәйкестігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Табиғи асфальт және битумдар тіпті ертеректе әртүрлі құрылымдар мен жолдарды салу үшін, сондай-ақ, басқа да көптеген мақсаттарда қолданыла бастады. Адамзат өркениетінің дамуымен, қажеттілік бұл материал табиғи асфальтты ауыстыру үшін ғана ұлғайған өнеркәсіптік технологияларды өндіретін асфальт қоспалары пайда болды, өнімділігі жоғары сипаттамалары бар.

Көлік құралдарының әсерін бұзатын жолға климаттық және метеорологиялық әсер ету, уақытша фактор - осының барлығы автомобиль жолының инженерлік құрылыс ретіндегі қасиеттерін нашарлатады, сол арқылы жол қозғалысының тиімділігі мен қауіпсіздігін төмендетеді.

Ұзақ әсер ететін ауа райы-климаттық факторлар (қар жамылғысы, төмен

температура) жолдың өткізу қабілетіне, қозғалыстың орташа жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді. Қысқа мерзімді әсер ететін факторлар (жауын-шашын, тұман, көктайғақ) қозғалыс жылдамдығының жергілікті төмендеуіне және ЖКО-ның артуына алып келетін жолдардың жекелеген учаскелеріне таралады. Қозғалыс қауіпсіздігін арттырудың маңызды және маңызды міндеті-жабынның тайғақтығын жою. Пайдалану процесінде төсемнің кедір-бұдырлығы тас материалдардың көлік құралдары шиналарының әсерінен үйкелуі нәтижесінде төмендейді. Тежеуіш жолы өсуде, ЖКО ықтималдығы артады. Ілінісу коэффициентінің төмендеуі атмосфералық жауын-шашынның, ластанудың, асфальтбетонды жабынның температуралық жұмсаруының әсерінен де орын алады.

Жолдың қозғалыс жағдайлары мен мақсатына байланысты нормативтік мәндерге сәйкес қауіпті учаскелердегі ілінісу коэффициенті кемінде 0,6, қолайлы жағдайларда - кемінде 0,45 болуы тиіс. Пайдалану жағдайында ілінісу коэффициенті 0,4-тен төмен болмауы тиіс. Тәуліктің қараңғы уақытында ЖКО-ның едәуір саны жол жүрісіндегі ақпарат объектілерін көру арқылы қабылдау жағдайларының күрт нашарлауымен түсіндіріледі. Сондай-ақ, жол-көлік оқиғаларының айтарлықтай саны көлік құралдарының Жолдан шығып кетуі, жол өтпелерінің тіректеріне өту, жарықтандыру дінгегі және жол бойындағы жолақтағы түрлі объектілер нәтижесінде орын алады. Осындай ЖКО салдарының ауырлығын төмендету және жолдан шығып кетуді болдырмау үшін жол қозғалысының пассивті қауіпсіздігін арттыратын іс-шаралар жүзеге асырылады. Осылайша қоршау конструкциясы:

- қоршауға өту жылдамдығы баяу төмендеген кезде көлік құралының кинетикалық энергиясының жоғары энергия сіңірілуі;

- көлік құралының елеулі баяулауы мен деформациясының пайда болу мүмкіндігін болдырмау;

- қоршаулардың деформациясы мен бұзылуы нәтижесінде көлік құралының қауіпті аймаққа түсуіне жол бермеу;

- көлік құралының көлік ағынына аударылуын немесе тасталуын болдырмау;

- жүргізушіні қауіпті аймақтың шекарасы мен сипаты туралы көзбен ескерту.

Автомобиль қозғалысының ең ыңғайлы және қауіпсіз жағдайлары эталондық болып қабылданған – мұндай параметрлердің, жолдардың көліктік-пайдалану сипаттамаларының, олардың жай-күйінің, есептік автомобильдің параметрлерінің, ауа райының және ауа райының сипаттамалары, олар жүргізушінің оңтайлы нервтік-эмоциялық кернеулігі кезінде есепті жылдамдықпен қолайлы және қауіпсіз қозғалыс жағдайларын қамтамасыз етеді.

Жол төсемесіне асфальтбетон төсемесін әртүрлі қазіргі заманғы технологияларды пайдалану кезінде салыстырмалы түрде, төмен шығынды материалдар мен технологиялар таңдап алынады. Сондай-ақ, бұл жабындарды бірден қолдануға болады. Құрылыс

аяқталғаннан кейін де және пайдалану кезінде жөндеу құрылысы үшін материалдар өте көп қол жетімді.

Қазіргі уақытта асфальтбетонды қоспаларды өндіру технологиясы: бұл майда және ірі түйіршікті асфальтбетон, шағыл тасты мастикалық асфальтбетон, полимер-битум негізіндегі асфальтбетон және тағы басқалар. Технологияны жетілдіру және дамыту барысында ескі материалдарды жаңарту пайдаланымдағы жолға қайта қолдануға мүмкіндік береді, қозғалыс қарқындылығынан түскен жүктеуден жол төсемі ұзақ уақыт бойы өз қасиеттерін сақтай отырып, қызмет ету уақыты ұзарады.

Қазақстанда пайдаланымдағы автомобиль жолдарын жиі жөндеудің негізгі себебі, көптеген шөгінді деформациялар пайда болған. Сапалы жөндеуді жүзеге асыру үшін барлық қабатты, яғни жол төсенішін, жол негізін, төселген қабатты ашуға тура келеді. Бұл жағдайда кез-келген көше қозғалысын толығымен тоқтату қажет, қалалық қозғалысты қалпына келтіруге тура келеді.



1 – сурет. Асфальтбетон жол жамылғысының бетіндегі жарықшақтар
Fig. 1 – Cracks on the surface of asphalt pavement

Қазақстанда ҚазжолҒЗИ асфальтбетон жамылғысы сапасына күн сайын мониторинг жүргізіп, инновациялық технологиялар бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізеді, жол сапасының барлық негізгі көрсеткіштері бақыланады.

Жол қозғалысының жоғары қарқындылығына және автокөлік

жолдарынан автокөліктерден көлікке дейін асфальтбетон төсемдеріне дейін көтерілуіне байланысты құрылыс жұмыстарын жүргізу кезінде ғана қол жеткізуге болатын талаптар қойылады. Асфальтбетонды жабу процесінде нормативтік көрсеткіштердің мәні пайдаланылатын материалдың сапасына

және қабылданған құрылыс технологиясына байланысты болады. Ыстық қоспаны дайындау, технологияны бойынша тасымалдау, төсеу және тығыздау үрдістерін орындаған кезде, сондай-ақ машиналардың механикалық байланысы жұмыстарының нақты жұмыс жағдайларын есепке алып, жұмысын таңдау асфальтбетон жамылғысының операциялық жұмысының төмендеуіне әкеледі. Асфальтбетонның өнімділігі әртүрлі қоршаған ортаның температурасында, судың қанығуында, ығысуына және жарықшақтануға тұрақтылығына әсер етеді. Жол жамылғысын пайдалану кезінде көлік және пайдалану көрсеткіштері қоршаған ортаның температурасына да байланысты болады. Күн сәулесінің әсерінен ыстық кезеңде асфальтбетон төсемінің температурасы 60 ... 70 °C дейін жетуі мүмкін, бұл асфальтбетонның беріктігі мен деформациялық параметрлерінің төмендеуіне әкеледі.

Автокөліктердің жүктемесінің әсерінен жол жамылғысы бетіндегі пластикалық деформациялар толқындар мен қабыршақтардың пайда болуына ықпал ететін пайда болады. Сондықтан, қолданылатын қоспалар жабынның құрылыс алаңының температуралық сипаттамасына белгілі бір жылу кедергісін қажет етеді. Автомобиль жолын пайдаланудың қысқы мерзімде, қоршаған ауаның төмен температурасы кезінде асфальтбетонда температуралық деформациялар пайда болады, бұл жабын бетінде жарықтардың пайда болуына әсер етеді. Демек, қолданылатын тұтқыр материал оның жарылуға төзімділігін сипаттайтын қасиеттерге ие болуы керек. Құрылыстың нақты жағдайларына байланысты нормативтік құжаттарда автомобиль жолының көліктік - пайдалану көрсеткіштеріне қойылатын талаптарды ескере отырып, жол жабынының әртүрлі материалдары мен конструктивтік параметрлерін қолдану көзделеді.

Ресей ғалымдарының зерттеулерімен қатар, Қазақстан ғалымдарының зерттеулерінде, т.ғ.д.,

академик Б.Б.Телтаевтың +30⁰ C ауаның температурасында, күн шуақты ауа температурасы +36⁰ C, жабу қаттылығы 11,5 мм берген. Сонымен қатар, қаттылықтың бірдей мөлшері ауа температурасынан тікелей анықталған кезде алынған. Бұл зерттеулер арқылы асфальтбетон жамылғысының Қазақстан территориялық аймақтарына байланысты терең қарастырылғанын көруге болады, тәжірибе жүргізілген жол бөліктерінде топырақтардың қату тереңдігі де жете қарастырылған.

Жол құрылыстарының температуралық режимі жыл кезеңіне байланысты әртүрлі болады. Жылы мезгілде жоғары температура аймағы жолдың өсіне ауысады, бұл асфальтбетон жамылғысын қарқынды жылынумен байланысты болады. Қыста мұздату аймағын қалыптастыру байқалады, оның тереңдігі теріс ауа температурасына қарай артады. Жалпы, жол құрылыстарының жоғарғы бөлігінде изотермалар көлденең профильдің айналасына, содан кейін изотермалар жабу бетінен шамамен 1,5 м тереңдікте тұрақтанады. Олар көлбеу жатады.

Көліктердің жоғары қарқындылығы, қозғалыс ағынының құрамы, жоғары жылдамдықты режимі, дөңгалақтар, мұздануға қарсы агенттерді қолдану асфальтбетон жамылғысының тез тозуына және тозудың пайда болуына әкеледі. Тозуға төзімділікті жоғарылату үшін жұмыс жағдайының жоғарғы қабаттардың тозу жылдамдығына және олардың жұмыс көрсеткіштеріне әсерін зерттеу үшін жан-жақты зерттеулер қажет.

Асфальтбетонның қаттылығын өлшеу TD-2 динамикалық түрін қолданылады [4]. Соққыш ретінде бұрышы бар болат конусы қолданылады. 45 °C Құрылғы зерттелетін жол теліміне орнатылды, (2 кг) өзгеріссіз өз салмағымен 10 рет инденторға түсіріледі. Қарқынды бату тереңдігі жабынды қаттылығын анықтайды. Содан кейін алынған тереңдік (қаттылық) номограмма бойынша, 50 ° C температурасына сәйкес есептелген мәнге дейін азаяды. Бұл әдіс индентордың пішіні

мен геометриясын, жүктің шамасын және оның құлау биіктігін анықтайды, ол осы әдісті қолдану әртүрлі типтегі қаптамалардың қаттылығын бағалауға мүмкіндік бермейді. Зерттеу жүргізу үшін, қала ішіндегі қозғалыс қарқындылығы орташа, жарық пен шұңқыры жоқ, жол телімі таңдалды. Өлшеу қаттылық 0 °С температурада жүргізілді бір күн ішінде және 10 өлшеулердің нәтижелері бойынша орташаланған мәні алынады.

Жол құрылысында бүгінгі күнге дейін асфальтбетон төсемінің сапасын қаттылық сияқты деформация және беріктік қасиеттерін өлшеу кеңінен зерттелуде.

Деформацияның өлшеу кезінде шағын жабынды қабатының көлемі, қасиеттері үйкеліс күшін асфальт-бетон мен дөңгелектің адгезиясы, жолдың беріктігі және жол қауіпсіздігі жалпы қозғалыстар анықталады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Муртазин Б.С., Телтаев Б.Б., Алипов У.Т. Закономерности температурного режима дорожных одежд и земляного полотна /Сб. «Совершенствование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог». Том I. Иркутск. 1999. С. 182-187
- [2] Телтаев Б.Б., Алипов У.Т. Экспериментальная зависимость между температурами воздуха и поверхности асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог /Материалы Межвузовского сборника научных трудов "Исследования по строительным конструкциям". Алматы: КазГАСА, 2000. С. 173-179.
- [3] Телтаев Б.Б., Алипов У.Т. Изучение твердости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог /Материалы Межвузовского сборника научных трудов "Исследования по строительным конструкциям". Алматы: КазГАСА, 2000. С. 130-138.
- [4] В.И. Мощенок, Н.А. Лалазарова, А.А. Ляпин, И.Е. Кухарева. Определение твердости асфальтобетонных покрытий. Вестник ХНАДУ, вып. 54, 2011.

REFERENCES

- [1] Murtazin B.S., Teltaev B.B., Alipov U.T. *Zakonomernosti temperaturnovo rezhima dorozhnykh odezhd I zemlyanovo polotna* [in Russian: Regularities of the temperature regime of pavement and roadbed] / Sb. "Sovershenstvovanie transportno-expluatatsionnovo sostoyaniya avtomobilnykh dorog". Tom I. Irkutsk. 1999. 182-187 p.
- [2] Teltaev B.B., Alipov U.T. *Experimentalnaya zavisimost mezhdu temperaturami vozdukha I poverkhnosti asfaltobetonnovo pokrytiya avtomobilnykh dorog* [in Russian: Experimental relationship between air temperatures and the surface of asphalt concrete roads] / *Materialy Mezhvuzovskovo sbornika nauchnykh trudov "Issledovaniya po stroitelnykh konstruktsiyam"*. Almaty: KazGASA, 2000. – 173-179.
- [3] Teltaev B.B., Alipov U.T. *Izuchenie tverdosti asfaltobetonnnykh pokrytii avtomobilnykh dorog* [in Russian: The study of the hardness of asphalt pavement roads] / *Materialy Mezhvuzovskovo sbornika nauchnykh trudov "Issledovaniya po stroitelnykh konstruktsiyam"*. Almaty: KazGASA, 2000. – 130-138.
- [4] V.I. Moshenuk, N.A. Lalazarova A.A. *Opredelenie tverdosti asfaltobetonnnykh pokrytii* [in Russian: Determination of hardness of asphalt concrete pavements]. Vestnik KHNADU, vypusk 54, 2011.

ПАЙДАЛАНЫМДАҒЫ АВТОМОБИЛЬ ЖОЛЫНЫҢ КҮЙІНЕ ТАЛДАУ

Дюсенгалиева Турлы Мухтаровна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан

Утешбаева Айгуль Амангалиевна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Дюсенгалиева Турлы Мухтаровна, к.т.н., ассистент-профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, mukhtarova.t67@mail.ru

Утешбаева Айгуль Амангалиевна, к.т.н., ассистент-профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан. a.uteshbaeva@mail.ru

Аннотация. Приведены анализ контроля качества асфальтобетонного покрытия по твердости. Функциональное назначение дороги - обеспечить плавное, комфортное и безопасное движение на высоких скоростях, допустимые размеры, осевые нагрузки и общую массу транспортных средств в любое время года и в любых погодных условиях. В связи с быстрым ростом

интенсивности движения в последние годы, а также исследования проблем асфальтобетонных смесей, в связи с реконструкцией существующих автомобильных дорог и развитием строительных работ, одной из актуальных проблем является сегодня. Шоссе характеризуется техническим уровнем и эксплуатационным состоянием.

Ключевые слова: асфальтобетон, транспорт, прочность, ровность, твердость, покрытия.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 77-82

ANALYTICAL REVIEW OF METHODS OF MILLING OF A TRACK OF A ROAD SURFACE AND ITS BULGES

Kulgildinov Murat Saparbekovich – doctor of technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, mursap@mail.ru

Kamzanov Nurbol Sadykanovich – doctoral student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, n.kamzanov@mail.ru

Begimkulova Elmira Alimbekovna – doctoral student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, eb_199292@mail.ru

Abstract. The choice of the most rational directions of scientific and technological progress is impossible in our time without careful study and scientifically-based analysis of the sources of information. The purpose of the work is to study the perspective designs of road cutters, providing an increase in productivity and accuracy of operations performed for milling the track of the road surface and its bulges on the basis of patent research. The patent search was carried out in two directions: review of existing processes and kinematic schemes of milling of complex profile surfaces, including pre-surface coatings; review of existing processes of milling of complex profile surfaces on the basis of coordinate closure of the milling cutter-tool-coating system. This review is based on the search for available scientific and technical information, including regulatory and technical documentation, scientific articles, current patents for inventions and utility models, information on advanced manufacturing technologies. The analysis of inventions is carried out, their principle of action is considered. Both positive and negative effects of innovations are revealed. The main perspective directions of modernization of the design of expensive cutters are defined, their classification is presented. The paper presents inventions that are not only designed to increase the productivity of production, rapid tool replacement, but also to improve the accuracy of milling the gauge of the road. The results of the work can be used in the selection of ways to improve the working bodies of road cutters.

Keywords: patent, author's certificate, milling of road surfaces, technological system of coordinates, interaction of the cutter and the road surface during milling.

УДК 621.878/625.76

М.С. Кульгильдинов¹, Н.С. Камзанов¹, Э.А. Бегимкулова¹

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

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОЛЕИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ И ЕЕ ВЫПОРОВ

Аннотация. Выбор наиболее рациональных направлений научно-технического прогресса невозможен в наше время без тщательного изучения и научно обоснованного анализа источников информации. Цель работы заключается в изучении перспективных конструкций дорожных фрез, обеспечивающих повышение производительности работ и точность выполняемых операций по фрезерованию колеи дорожного покрытия и ее выпоров на основе патентных исследований. Патентный поиск выполнялся по двум направлениям: обзор существующих процессов и кинематических схем фрезерования сложно-профильных поверхностей, в том числе и дорожных покрытий; обзор существующих процессов фрезерования сложно-профильных поверхностей на основе

координатного замыкания системы фреза-инструмент-покрытие. Настоящий обзор сформирован на основе поиска доступной научно-технической информации, включающей нормативно-техническую документацию, научные статьи, действующие патенты на изобретения и на полезные модели, сведения о передовых производственных технологиях. Проведен анализ изобретений, рассмотрен их принцип действия. Выявлены как положительные, так и отрицательные эффекты от нововведений. Определены основные перспективные направления модернизации конструкции дорожных фрез, представлена их классификация. В работе представлены изобретения, которые не только призваны увеличить производительность выработки, быструю замену инструмента, но также и повысить точность фрезерования колеи автомобильной дороги. Результаты работы могут быть использованы при выборе путей улучшения рабочих органов дорожных фрез.

Ключевые слова: патент, авторское свидетельство, фрезерование дорожных покрытий, технологическая система координат, взаимодействие фрезы и дорожного покрытия при фрезеровании.

Колееобразование на автомобильных дорогах Республики Казахстан является одной из важнейших причин, приводящих к увеличению риска возникновения дорожно-транспортных происшествий, при этом образующиеся выпоры колеи достигают значительных размеров по высоте и по ширине. Одновременно изменились и требования к технологии профилирования дорожных покрытий, в том числе и к техническим средствам для выполнения этих работ, а именно, к автоматизированным дорожным фрезам. В этой связи совершенствование конструктивных и технологических параметров автоматизированных дорожных фрез, применяемых для устранения выпоров колеи, является актуальной проблемой и требует разрешения.

Образование колеи на дорожном покрытии автомобильных дорог в процессе его эксплуатации может быть вызвано различными причинами, в том числе от воздействия температурных колебаний и механических нагрузок от автомобильного транспорта, от изменений нижних слоев основания и земляного полотна, от режима зимнего содержания автомобильных дорог, а также от попадания внутрь материала покрытия воды, и вызванных ей разрушений.

Устранение колеи на дорожном покрытии осуществляется методом холодного фрезерования при помощи самоходных фрезерных машин, так

называемых автоматизированных дорожных фрез (АДФ). Самоходная дорожная машина на колесном или гусеничном ходу, предназначенная для послойного холодного фрезерования асфальтобетонных покрытий дорог при проведении ремонтных работ. На самоходном устройстве в горизонтальном положении установлен фрезерный барабан с резцами. Резцы, как правило, изготавливаются из высокопрочного мало истираемого сплава-карбида вольфрама. Фрезерная машина движется по ремонтируемому покрытию, при этом вращающийся фрезерный барабан опущен до глубины фрезерования, срезая слой асфальтобетона. Опускание фрезерного барабана возможно как параллельно, так и с определенным наклоном к поверхности дорожного полотна, перемещение машины осуществляется плавно при помощи колес или гусеничных тележек. Необходимая глубина фрезерования (по отношению к базовой высоте) достигается посредством регулирования глубины [1]

Глубина фрезерования и плоскостность отфрезерованных участков должны соответствовать величинам, соответствующим нормам технической документации. Для обеспечения равномерной толщины слоя покрытия по всей ширине дорожного полотна, необходимо срезание фрезеруемой поверхности с учетом поперечного профиля дороги. [2]

Основными задачами настоящего обзора является обоснование повышения эффективности применения АДФ для ремонта дорожных покрытий с переменной колеиностью на основе перехода от упругого (силового) замыкания к жесткому (координатно-кинематическому) замыканию технологической схемы фрезерования колеи.

В соответствии с поставленной задачей определены следующие направления поиска:

- обзор существующих процессов и кинематических схем фрезерования сложно-профильных поверхностей, в том числе и дорожных покрытий;

- обзор существующих процессов фрезерования сложно-профильных поверхностей на основе координатного замыкания системы ФИП (фреза-инструмент-покрытие).

Настоящий обзор сформирован на основе поиска доступной научно-технической информации, включающей нормативно-техническую документацию, научные статьи, действующие патенты на изобретения и на полезные модели, сведения о передовых производственных технологиях.

Патентные исследования проводились по полным электронным базам данных стран СНГ, включающей информацию до 1993 г., РФ, включающей информацию с 1993 г. (сайт ФИПС www.fips.ru).

Через сайт Европейской патентной организации (<http://ep.espacenet.com>) проводился поиск патентных документов Европейской патентной организации (ЕПВ), Всемирной организации интеллектуальной собственности (WIPO), Японии, Австрии, Бельгии, Кипра, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Ирландии, Италии, Лихтенштейна, Люксембурга, Монако, Нидерландов, Португалии, Испании, Швеции, Швейцарии, Англии и др. стран.

По результатам поиска через сайт <http://ep.espacenet.com> проведен поиск патентной информации в соответствующих

национальных базах патентов, имеющих открытый доступ.

Достоверность результатов гарантирована в отношении фондов патентной документации, имеющихся в электронных Базах данных перечисленных стран.

Результаты поисковых запросов по патентной информации по базе данных РФ с 1993 г. Запрос по вышеуказанным классам МПК с привлечением ключевых слов выявил 148 документов. Для анализа патентной ситуации отобраны патенты: RU №№ 93408 и 114629 на полезные модели, патенты RU №№ 2198778, 2299813, 2373325, 2374697, 2394122, 2459029, 2515200, 2534811, 2537912, 2577868, 2602516, 2611802, 2631747 на изобретения.

Запрос по вышеуказанным классам МПК с привлечением ключевых слов по базе данных Европейской патентной организации (espacenet.com) выявил 48 документов. Для анализа патентной ситуации из выявленных источников отобраны патенты на изобретения WO № 0125545, WO № 2018215928, US № 2017205534, US № 2018371710, US № 2018340302.

По результатам патентного поиска наибольший интерес представляют *по разделу фрезерование дорожных покрытий* известные технические решения, направленные на разработку способов и устройств, обеспечивающих возможность регистрации дефектов проезжей части и элементов обустройства дорожного полотна:

- *патент РФ № 2373325* на изобретение «Способ осуществления мониторинга улично-дорожной сети посредством передвижной дорожной лаборатории», МПК E01C23/07, G01B 5/28, G01C 7/04, Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский автомобильно-дорожный институт" (Государственный технический университет) (RU).

Способ направлен на увеличение зоны контроля дорожного объекта, повышение производительности

осуществления комплексного мониторинга при обеспечении регламентируемой точности и достоверности результатов измерений. Для этого осуществляют контроль параметров дорожного объекта посредством контрольно-измерительной системы со средством координатной привязки результатов измерений и с функциональным комплексом на основе оптоэлектронной компоненты, используют подсистему замера поперечной ровности поверхности покрытия дорожной одежды, посредством которой осуществляют трехмерное построение микропрофиля упомянутой поверхности в поперечном направлении.

Заявленный комплекс обеспечивает высокую точность и достоверность результатов измерений при повышении производительности, а также обеспечивает возможность функционирования с заданной точностью и разрешающей способностью таких подсистем, как подсистемы регистрации дефектов проезжей части и элементов обустройства дорожного полотна.

- патент РФ № 2459029 на изобретение «Автомеханическая дорожная фрезерная машина для фрезерования земляных поверхностей», МПК E01C 23/088, Патентообладатель: ВИРТГЕН ГМБХ (DE).

Вследствие различных ситуаций на производственных участках и при фрезеровочных работах может возникнуть необходимость приспособлять фрезерный инструмент дорожной фрезерной машины к имеющимся специфическим задачам: обеспечение специфической неровности поверхности; удаление только определенной ширины проезжей части дороги, что обеспечивается фрезбарабаном с определенной рабочей шириной.

В подобных ситуациях, как правило, должна быть использована специальная фрезерная машина или машина должна быть оборудована фрезбарабаном, приспособленным к имеющейся задаче. Полная замена фрезбарабанов включает большую затрату усилий и требует

специальных вспомогательных средств для установки и снятия фрезбарабана.

Заявленная автомеханическая дорожная фрезерная машина для фрезерования земляных поверхностей содержит фрезбарабан с устройством быстрой замены, приводное устройство для приведения в действие фрезбарабана редуктором, расположенным между приводным устройством и фрезбарабаном.

По разделу процессы фрезерования сложно-профильных поверхностей на основе координатного замыкания системы ФИП (фреза-инструмент-покрытие) известные технические решения решают задачу повышения точности получаемого рельефа поверхности:

- патент РФ № 2198778 на изобретение «Способ механической обработки изделий сложной пространственной формы», МПК B24B19/14, B24B19/20, B24B51/00, B23C 3/18, Патентообладатель: Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН.

Согласно данного изобретения изделие и инструмент упруго поджимают друг к другу и перемещают независимо друг от друга в неподвижной системе координат. Причем это перемещение осуществляют из условия, что допускаемая величина отклонений этих перемещений от заданного значения должна быть больше требуемой величины их относительного перемещения по нормали к обрабатываемой поверхности, обусловленного регламентированным съемом материала. Контроль положения изделия и инструмента относительно неподвижной системы координат осуществляют после съема материала за один проход инструмента. В результате при сохранении высокой точности обработки удешевляется технологический процесс.

Способ механической обработки изделий сложной пространственной формы осуществляется следующим образом. После закрепления обрабатываемого изделия в приспособлении с возможностью его перемещения относительно неподвижной системы координат и

закрепления инструмента с возможностью его вращения и перемещения относительно неподвижной системы координат осуществляют контакт инструмента с изделием и последующее движение инструмента относительно изделия по заданной траектории обработки.

В процессе обработки происходит смещение изделия и инструмента, поэтому после съема материала с обрабатываемого изделия за один проход инструмента осуществляется контроль положения изделия и инструмента относительно неподвижной системы координат, причем контроль осуществляется с погрешностью, меньшей погрешности перемещений инструмента и изделия относительно неподвижной системы координат.

- патент РФ № 2515200 на изобретение «Способ определения координат точек поверхности в трехмерной системе», МПК G01B 5/004, G01B 5/20, G01B 11/03, Патентообладатель: Открытое акционерное общество "Уральское конструкторское бюро транспортного машиностроения" (RU).

Способ осуществляют с использованием стандартизованных средств измерений, например измерительной линейки или штангенрейсмаса. Координаты точек поверхности определяют относительно плоскости отсчета, в качестве которой используют горизонтальную или вертикальную плоскости, каждая из которых построена лазерным лучом построителя плоскостей с устройством автоматического горизонтирования лазерного луча. Построитель плоскостей устанавливают непосредственно на измеряемую или любую другую поверхность, угол наклона которой по отношению к истинному горизонту не превышает угла наклона устройства автоматического горизонтирования. Приведены формулы определения координаты точки поверхности в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

- патент РФ № 2534811 на изобретение «Устройство определения пространственной ориентации объектов», МПК G01B 5/004, G01B 5/20, G01B 11/03, Патентообладатель: Открытое акционерное общество "Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова" (RU)

В изобретении представлена принципиальная схема устройства определения пространственной ориентации объектов, с использованием лазера и оптической системы. Изобретение позволяет осуществить возможность параллельной передачи стабильного базового направления к контролируемым объектам, разнесенным в пространстве друг относительно друга на значительные расстояния. Кроме того, в предлагаемом устройстве применена система компенсации ошибок направляющих, благодаря этому, при передаче направления сохраняется стабильность базового направления в пространстве и нет необходимости изготовления точных направляющих.

Вывод. Проведенный обзор по фрезерованию дорожных покрытий показал, что основное внимание уделяется разработке устройств и способов для выполнения различных конкретных практических задач по ремонту дорожных покрытий.

В отобранных технических решениях также описана реализация процессов формообразования сложно-профильных поверхностей на основе координатного замыкания.

Анализ известных технических решений показал, что разработки по решению комплексной проблемы устранения выпоров колеи методом фрезерования отсутствуют.

Результаты обзора будут использованы при дальнейших исследованиях автоматизированных дорожных фрез с целью повышения точности фрезерования колеи автомобильной дороги.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Васильев А. П. Справочник. Ремонт и содержание автомобильных дорог / А. П. Васильев // - М.: Транспорт, 1989. – 348 с.
- [2] ГОСТ ISO 15645—2016. Межгосударственный стандарт: Оборудование дорожное строительное и эксплуатационное. Дорожные механизмы для измельчения. Терминология и эксплуатационные требования.
- [3] Интернет ссылки: 1) www.fips.ru, 2) <http://ep.espacenet.com>

REFERENCES

- [1] [1] *Spravochnik. Remont i sodержanie avtomobil'nyh dorog* [in Russian: Repair and maintenance of roads]/ A. P. Vasil'ev // - M.: Transport, 1989. – 348 s.
- [2] [2] *GOST ISO 15645—2016. Mezghosudarstvennyj standart: Oborudovanie dorozhnoe stroitel'noe i jekspluatacionnoe. Dorozhnye mehanizmy dlja izmel'chenija. Terminologija i jekspluatacionnye trebovanija.* [in Russian: Interstate standard: Road construction and maintenance equipment. Road machinery for grinding. Terminology and operational requirements].
- [3] Internet links: 1) www.fips.ru, 2) <http://ep.espacenet.com>

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОЛЕИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ И ЕЕ ВЫПОРОВ

Кульгильдинов Мурат Сапарбекович – д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, mursap@mail.ru

Камзанов Нурбол Садыканович – докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, n.kamzanov@mail.ru

Бегимкулова Элмира Алимбековна – докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, eb_199292@mail.ru

ЖОЛ ТӨСЕМІНІҢ ЖОЛТАБАНЫН ФРЕЗЕРЛЕУ ЖӘНЕ ОНЫ ШЫҒАРУ ӘДІСТЕРІНЕ ТАЛДАУ ШОЛУ

Кульгильдинов Мурат Сапарбекович – т.ғ.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы, Қазақстан, mursap@mail.ru

Камзанов Нурбол Садыканович – докторант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы, Қазақстан, n.kamzanov@mail.ru

Бегимкулова Элмира Алимбековна – докторант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы, Қазақстан, eb_199292@mail.ru

Аннотация. Қазіргі уақытта мұқият зерттеулерсіз және ақпарат көздерінің ғылыми негізделген талдауынсыз ғылыми-техникалық прогрестің неғұрлым ұтымды бағыттарын таңдау мүмкін емес. Жұмыстың мақсаты- жол төсемінің жолтабанын фрезерлеу және патенттік зерттеулер негізінде оны шығару жөніндегі жұмыстардың өнімділігін және орындалатын операциялардың дәлдігін арттыруды қамтамасыз ету бойынша жол фрезаларының перспективті құрылымдарын зерттеу. Патенттік іздеу екі бағыт бойынша жүргізілді: күрделі-профильдік беттерді, соның ішінде жол жабындарын фрезерлеудің қазіргі процестері мен кинематикалық сызбаларына шолу; фреза - құрал-жабынды жүйесінің координаттық тұйықталу негізінде күрделі-профильдік беттерді фрезерлеудің қазіргі процестеріне шолу. Осы шолу нормативтік-техникалық құжаттаманы, ғылыми мақалаларды, өнертабыстарға және пайдалы модельдерге қолданыстағы патенттерді, озық өндірістік технологиялар туралы мәліметтерді қамтитын қол жетімді ғылыми-техникалық ақпаратты іздеу негізінде қалыптастырылған. Өнертабыстарға талдау жүргізілді, олардың әрекет ету принципі қарастырылды. Жаңалықтардан оң және теріс әсерлері анықталды. Жол фрезаларының құрылымын жаңғыртудың негізгі перспективалық бағыттары анықталып, олардың жіктелуі ұсынылған. Жұмыста қазбаның өнімділігін арттыруға, құрал-сайманды тез ауыстыруға ғана емес, сондай-ақ автомобиль жолының жолтабанын фрезерлеу дәлдігін арттыруға арналған өнертабыстар ұсынылған. Жұмыс нәтижелері жол фрезаларының жұмыс органдарын жақсарту жолдарын таңдау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: патенттік талдау, авторлық куәлік, жол жабындарын фрезерлеу, координаталардың технологиялық жүйесі, фрезерлеу кезінде жол жабынының және фрезердің өзара әрекеттесуі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 83-91

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF RAILWAY SWITCHES ACCORDING TO THE SCHEME OF ALMATY-1 STATION

Tulubayeva Zauresh, Казахская Academy of transport and communications named. Almaty, Republic of Kazakhstan, merei-04@mail.ru. Professor

Zhumaseitova Anar, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; ajumaseitova@mail.ru

Aimurzayeva Zhazira, Cand.Sci.(Eng.), Assistant Professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; aimurzaeva@mail.ru

Abstract: This work provides an analysis of the technical condition of the turnouts at the Almaty distance of the ПЧ-46 track to be repaired. These are marks 1/11. In the even park Art. Almaty Almaty distance of the track subject to alignment turnouts in the amount of 5 pieces. In the odd park Art. Almaty Almaty distance tracks are subject to straightening 10 pieces.

The total number of turnouts to be straightened is 15 on wooden sleepers. The design of the crosspiece is one-piece ordinary turnout. Rail type of railroad switch P65. Table 1.2 (Explication of turnouts in Almaty-1) shows the turnouts that need to be straightened by a UNIMAT machine in green.

Railroad switches of the R-65 type, cross-mark 1/11 translated reinforced concrete bars and sleepers. Ballast on turnouts and adjacent areas is rubble, it has up to 30% of weeds, some of the bonding elements are defective and require replacement.

In the thesis, the technical process of straightening the turnout with adjacent sections of 25 m on each side is developed. The duration of the “window” is 3 hours.

At the beginning, the closing of the turnout is made out, the fencing of the working place of the UNIMAT track machine in the “window” according to the instructions CP-485 / 210-12. Examples of records of track workers in the log of the inspection of tracks, turnouts, signaling devices, communication and contact network (form DU-46) during work on station tracks and turnouts are shown in table 2.7.

The RM-80 machine cleans the rubble of weeds; the shortage of rubble is compensated for by the hopper dispenser. The ballast scheduler and redistribution are carried out by the ballast scheduler PBR-400. At this stage, the gutters are cleaned and the UNIMAT machine is put into operation.

Continuous straightening and straightening of the turnout by the UNIMAT machine at the beginning is carried out in the forward direction, and then on the side.

The stabilization of the turnout and adjacent tracks on each side of 25 meters is performed by the DGS-90 machine.

Section 3 defines economic indicators. Comparisons were made of the performance of work using small-scale mechanization and using the UNIMAT machine.

As a result, according to the first option, the cost of straightening 1 km of the track amounted to 60133.15 tenge, according to the second option, using the UNIMAT machine, straightening 1 km of the track was 7517.41 tenge. Cost savings of 87.5 percent.

In section 4, a technological map of a single change of wooden sleepers is developed. When changing the sleepers, the sleeper box adjacent to the removable sleepers is first freed from ballast 5-7 cm below the base of the sleepers and exit against it.

At the same time, crutches are pulled out and the linings are removed from the interchangeable sleepers.

Then the crowbars move the sleepers into a box, pull it out on the inter-blast.

Keyword: railroad switches, crosspiece, ballast, mark, station, core, transfer bars

УДК 624.21:620.178

З.Д.Тюлюбаева¹, А.Б.Жумасейтова¹, Ж.К.Аймурзаева¹

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

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ПО СХЕМЕ СТАНЦИИ АЛМАТЫ-1

Аннотация. В настоящей работе приведен анализ технического состояния стрелочных переводов на Алматинской дистанции пути ПЧ-46, подлежащие ремонту. Это

марки 1/11. В четном парке ст. Алматы Алматинской дистанции пути подлежащие выправке стрелочные переводы в количестве 5 штук. В нечетном парке ст. Алматы Алматинской дистанции пути подлежат выправке 10 штук.

Общее количество стрелочных переводов, подлежащих выправке 15 на деревянных шпалах. Конструкция крестовины цельнолитая обыкновенного стрелочного перевода. Тип рельсов стрелочного перевода Р65. В таблице 1.2 (Экспликация стрелочных переводов по ст. Алматы-1) показаны зеленым цветом стрелочные переводы, которые нужно выправить машиной UNIMAT.

Стрелочные переводы типа Р-65, марка крестовины 1/11, переводные брусья и шпалы железобетонные. Балласт на стрелочных переводах и примыкающих участках щебеночный, имеет в своем составе до 30 % засорителей, некоторые элементы скрепления дефектны и требуют замены.

В начале оформляется закрытие стрелочного перевода, ограждение места работы путевой машины UNIMAT в «окно» согласно инструкции ЦП-485/210-12. Примеры записей работников пути в журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети (форма ДУ-46) при производстве работ на станционных путях и стрелочных переводах приведены.

Машина RM-80 очищает щебень от засорителей, нехватку щебня компенсирует хоппер-дозатор. Планировку и перераспределение балласта осуществляет планировщик балласта PBR-400. На этом этапе осуществляется очистка желобов и приведение машины UNIMAT в рабочее положение. Сплошная выправка и рихтовка стрелочного перевода машиной UNIMAT в начале проводится по прямому направлению, а потом по боковому.

Стабилизацию стрелочного перевода и примыкающих путей с каждой стороны по 25 метров производит машина DGS-90. В результате, по первому варианту расходы по выправке 1 км пути составили 60133,15 тенге, по второму варианту с использованием машины UNIMAT выправка 1 км пути 7517,41 тенге. Экономия средств 87,5 процентов. Одновременно выдергиваются костыли и снимаются подкладки из сменяемой шпалы. Затем ломами сдвигают шпалы в ящик, вытаскивают её на междупутье. Затем, по месту установки шпалы, удаляется 5-7 см лишнего балласта в один уровень с предварительно отрытым смежным шпальным ящиком.

После подготовки постели затаскивают и укладывают новую шпалу на место, укладывают подкладки. Ручной дрелью в шпале просверливают, а затем антисептируют костыльные отверстия, после чего в них забивают костыли (сначала основные, а затем обшивочные), шпальный ящик до половины высоты шпалы заполняют чистым балластом и шпалу подбивают.

Ключевые слова: стрелочные переводы, крестовина, балласт, марка, станция, сердечник, переводные брусья

Переход подвижного состава с одного пути на другой обеспечивают устройства по соединению и пересечению путей, относящихся к верхнему строению. Соединение путей друг с другом осуществляется стрелочными переводами, а пересечения путей – глухими пересечениями. В зависимости от назначения и условий соединения путей стрелочные переводы делятся на одиночные, двойные и перекрестные.

Одиночные стрелочные переводы бывают обыкновенные, симметричные и несимметричные (криволинейные) [1].

Наибольшее распространение получили обыкновенные стрелочные переводы, которые составляют более 95 % общего числа стрелочных переводов на станционных путях всех категорий. На рисунке 1 показана схема обыкновенного стрелочного перевода.

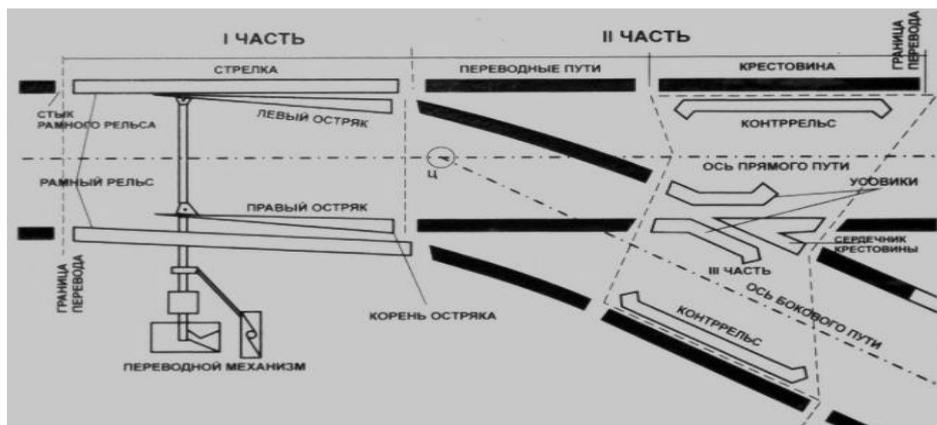


Рис. 1 – Схема обычного стрелочного перевода
 Fig. 1 – Scheme of ordinary turnout

Обыкновенный стрелочный перевод служит для соединения двух путей и является наиболее востребованным соединением. Обыкновенный стрелочный перевод состоит [5]:

- из стрелки, включающей два рамных рельса, два подвижных жесткосвязанных острия и переводного механизма;
- крестовины части, состоящей из сердечника, двух усовиков и контррельсов;
- соединительных рельсовых нитей, располагающихся между стрелкой и крестовинной частью;
- переводных брусьев.

Острия предназначены для направления подвижного состава на прямой или боковой путь. Их соединяют друг с другом поперечными стрелочными тягами, с помощью которых один из них подводится вплотную к рамному рельсу, в то время как другой отводится от другого рамного рельса на расстояние, необходимое для свободного прохода гребней колес.

Марка крестовины, которая представляет собой отношение в виде дроби, числителем которой выступает ширина сердечника, а знаменателем его длина (также, величину угла между рабочими гранями сердечника выражают в градусах). Существуют обычные стрелочные переводы с марками крестовин 1/18 и 1/22 и симметричные переводы с марками крестовин 1/9, 1/11, 1/6, 1/4,5 и др [2].

Стрелочные переводы на главных путях и приёмо-отправных путях пассажирского движения имеют крестовины не круче 1/11; стрелочным переводам, по которому пассажирские поезда движутся только по прямому пути перевода, как правило, не допускается иметь марку крестовины 1/9 и круче (радиусы их переводных кривых довольно близки к значениям 300 и 200 м соответственно). На приёмо-отправных путях грузового движения укладывают стрелочные переводы с маркой крестовины не круче 1/9, а симметричные — не круче 1/6. Стрелочные переводы прочих путей имеют марки крестовин не круче 1/8, а симметричные не круче 1/4,5.

Движение поездов по стрелочным переводам с крестовиной марки 1/9 и 1/11 разрешается по прямому пути со скоростями не выше 100 и 120 км/ч (соответственно), на боковой путь не выше 40 км/ч, по переводам из рельсов типа Р65 с крестовиной марки 1/11 — не более 50, а по симметричным переводам с крестовиной марки 1/11 — не более 70 км/ч.

Перекрытые стрелочные переводы, как правило, выполняются под двойным углом крестовины обыкновенных переводов в горловине станции, например, 2/9 при обыкновенных переводах с крестовинами 1/9. (2/9 здесь означает фактически удвоенный угол с тангенсом 1/9, а не угол с тангенсом 2/9).

Для увеличения скорости движения на боковой путь требуются более пологие

стрелки. Он предназначен для движения на боковой путь со скоростью 220 км/ч и имеет марку крестовины 1/65. С другой стороны, с уменьшением крутизны резко растёт длина стрелочного перевода, а значит, растёт длина и масса остяков и усложняется их геометрия. Поэтому для перевода таких стрелок применяется связка из нескольких стрелочных электроприводов, работающих параллельно. Значения основных размеров стрелочных переводов типа Р65 и Р50 для марок 1/11 и 1/9 приведены в таблице 1.1.

Конфигурации стрелочных переводов [4]:

1) одиночные стрелочные переводы, в которых один путь разделяется на два.

– обыкновенные (прямолинейные) – у которых одно из направлений полностью прямолинейно.

– симметричные – в которых оба направления отклоняются одинаковыми радиусами на одинаковый угол в разные стороны, за счёт чего длина стрелочного перевода минимальна при заданном минимальном радиусе кривой, такие стрелочные переводы часто применяются в стеснённых условиях.

– несимметричные одно- и разносторонние.

2) двойные стрелочные переводы, в которых тесно соседствуют 2 стрелки, и один путь разветвляется на три;

– симметричные, в которых два направления отклоняются одинаковыми радиусами на одинаковый угол в разные стороны, а третье направление прямолинейно. Такие стрелочные переводы, называются тройниками.

– несимметричные одно- и разносторонние.

3) перекрёстные стрелочные переводы – располагаются в месте пересечения под углом двух путей.

– одиночный имеет два комплекта остяков, управляемые двумя механизмами, и позволяет проходить с любого из четырёх веток прямо, и между двумя ветками из этих четырёх — на отклонение.

– двойной – позволяют как проходить по каждому из пересекающихся путей прямо, так и переходить с одного пути на другой. в такой конструкции присутствует четыре комплекта остяков, управляемые двумя механизмами; две тупые и две остроугольные крестовины. Такие стрелочные переводы часто называют «американскими» («американками») или «крокодилами».

4) сбрасывающая стрелка в нормальном положении (то есть по умолчанию) направлена на сброс («в никуда»), чтобы остановить случайно ушедший подвижной состав (вагон, локомотив). Только когда диспетчер готовит маршрут отправления (прибытия) поезда, сбрасывающая стрелка переводится, замыкая путь. Разновидность «сбрасывающей стрелки» — «сбрасывающий остяк» — установленный на пути один остяк.

Наибольшее распространение получили одиночные, обыкновенные стрелочные переводы, в отдельных случаях укладываются перекрёстные двойные стрелочные переводы. Все остальные виды особого распространения не получили, ввиду сложности устройства и эксплуатации.

Запрещается эксплуатировать стрелочные переводы и глухие пересечения, у которых допущена хотя бы одна из следующих неисправностей [4]:

– разъединение стрелочных остяков с тягами;

– отставание остяка от рамного рельса на 4 мм и более, измеряемое у остяка против первой тяги, при запертом положении стрелки;

– выкрашивание остяка или подвижного сердечника, при котором создается опасность набегания гребня, и во всех случаях выкрашивание длиной:

– понижение остяка против рамного рельса на 2 мм и более, измеряемое в сечении, где ширина головки остяка поперху 50 мм и более;

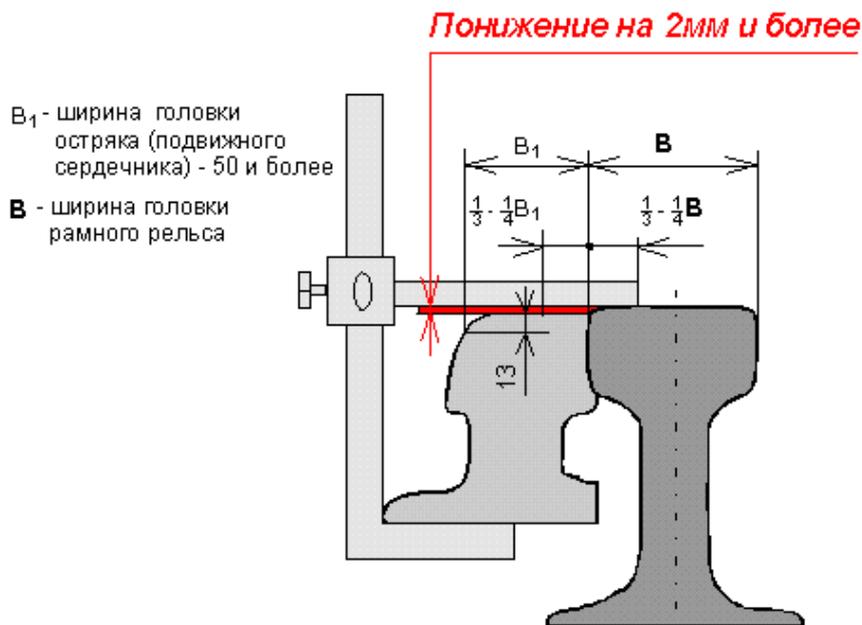


Рис. 2 – Понижение остряка
 Fig. 2 – Lowering the wit

- расстояние между рабочей гранью сердечника крестовины и рабочей гранью головки контррельса менее 1472 мм;
- расстояние между рабочими гранями головки контррельса и усовика более 1435 мм;

- излом остряка или рамного рельса;
- излом крестовины (сердечника, усовика или контррельса);
- разрыв контррельсового болта в одноболтовом или обоих в двухболтовом вкладыше.



Рис. 3 – Последствия разрыва контррельсового болта
 Fig. 3 – Consequences of rupture of a counter-rail bolt

Вертикальный износ рамных рельсов, остряков, усовиков и сердечников крестовин и порядок эксплуатации их при превышении норм износа устанавливаются специальной инструкцией [3].

Перевод стрелки из одного положения в другое может осуществляться вручную (стрелочником), или

централизованно с поста при помощи электропривода (дежурным).

При установлении низких температур, например, зимой, снег и лед могут стать причиной некорректной работы стрелочного перевода. Для очистки стрелочных переводов выделяются специальные работники, которые

производят очистку стрелочных переводов от снега вручную. Однако, всё шире для решения этой проблемы применяется обогрев стрелочных переводов для растапливания снега и льда. С этой целью

обычно используют газ или электричество, также для очистки стрелочных переводов применяется пневмообдув - очистка с помощью сжатого воздуха.

Таблица 1 – Основные размеры обыкновенных стрелочных переводов
 Table 1 – The main dimensions of ordinary turnouts

Тип рельсов	Марка крестовины	Угол крестовины	Расстояния						Полная длина перевода
			От оси передних стыков рамных рельсов до начала остряков	От начала остряков до центра перевода	От оси передних стыков рамных рельсов до центра перевода	От центра перевода до математического центра крестовины	От математического центра крестовины до ее торца	От центра перевода до торца крестовины	
	$tg \alpha$	α	m	a_0	a	b_0	q	b	L_n
P65	1/11	5° 11' 40"	2,769	11,294	14,063	16,754	2,550	19,304	33,367
	1/9	6° 20' 25"	2,769	12,458	15,227	13,722	2,090	15,812	31,039
P50	1/11	5° 11' 40"	4,327	10,148	14,475	16,754	2,300	19,054	33,529
	1/9	6° 20' 25"	4,327	11,132	15,459	13,722	1,880	15,602	31,061

Стрелочные переводы на Алматинской дистанции пути ПЧ-46, подлежащие ремонту, это марки 1/11. В четном парке ст. Алматы Алматинской дистанции пути подлежащие выправке стрелочные переводы в количестве 5 штук. В нечетном парке ст. Алматы Алматинской дистанции пути подлежат выправке 10 штук.

Общее количество стрелочных переводов, подлежащих выправке 15, на деревянных шпалах. Конструкция крестовины цельнолитая у обыкновенного стрелочного перевода. Тип рельсов стрелочного перевода P65. В таблице 2 (Экспликация стрелочных переводов по ст. Алматы-1) показаны зеленым цветом стрелочные переводы, которые нужно выправить машиной UNIMAT.

Таблица 2 – Характеристика стрелочных переводов нечетного парка Алматы-1
 Table 2 – the Characteristics of the turnouts of the odd park Almaty-1

№ П/П	Тип С.П.	Марка С.П.	Конструкция крестовины	Количество	Требуют выправки	Характеристики
Нечетный парк станции Алматы-1						
1.	P43	1/6 1/9 1/11	- Цельнолитая Цельнолитая	- 12 4		- Обыкновенный Обыкновенный
ВСЕГО:				16		
2.	P50	1/6 1/9 1/11	- Цельнолитая Цельнолитая	- 60 23		- Обыкновенный Обыкновенный
ВСЕГО:				83		
3.	P65	1/6 1/9 1/11	Цельнолитая Цельнолитая Цельнолитая	10 1 17	5	- Обыкновенный Обыкновенный
ВСЕГО:				28	5	

Таблица 3 – Характеристика стрелочных перевода четного парка Алматы-1
 Table 3 – the Characteristics of the turnouts even park Almaty-1

№ П/П	Тип С.П.	Марка С.П.	Конструкция крестовины	Количество	Требуют выправки	Характеристики
Четный парк станции Алматы-1						
1.	P43	1/6	-	-		-
		1/9	Цельнолитая	2		Обыкновенный
		1/11	Цельнолитая	2		Обыкновенный
ВСЕГО:				4		
2.	P50	1/6	-	-		-
		1/9	Цельнолитая	19		Обыкновенный
		1/11	Цельнолитая	6		Обыкновенный
ВСЕГО:				25		
3.	P65	1/6	Цельнолитая	-	-	-
		1/9	Цельнолитая	25	2	Обыкновенный
		1/11	Цельнолитая	29	8	Обыкновенный
ВСЕГО:				54	10	

Закключение. Стрелочные переводы на Алматинской дистанции пути ПЧ-46 подлежащие ремонту, это марки 1/11. В четном парке ст. Алматы Алматинской дистанции пути подлежащие выправке стрелочные переводы в количестве 5 штук. В нечетном парке ст. Алматы Алматинской дистанции пути подлежат выправке 10 штук.

Общее количество стрелочных переводов, подлежащих выправке 15, на деревянных шпалах. Конструкция крестовины цельнолитая обыкновенного стрелочного перевода. Тип рельсов стрелочного перевода P65. В таблице 1.2 (Экспликация стрелочных переводов по ст. Алматы-1) показаны зеленым цветом стрелочные переводы, которые нужно выправить машиной UNIMAT.

Стрелочные переводы типа P-65, марка крестовины 1/11, переводные брусья и шпалы железобетонные. Балласт на стрелочных переводах и примыкающих участках щебеночный, имеет в своем составе до 30 % засорителей, некоторые элементы скрепления дефектны и требуют замены.

В начале оформляется закрытие стрелочного перевода, ограждение места работы путевой машины UNIMAT в «окно», согласно инструкции ЦП-485/210-12. Примеры записей работников пути в журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и

контактной сети (форма ДУ-46) при производстве работ на станционных путях и стрелочных переводах приведены.

Машина RM-80 очищает щебень от засорителей, нехватку щебня компенсирует хоппер-дозатор. Планировку и перераспределение балласта осуществляет планировщик балласта PBR-400. На этом этапе осуществляется очистка желобов и приведение машины UNIMAT в рабочее положение.

Сплошная выправка и рихтовка стрелочного перевода машиной UNIMAT в начале проводится по прямому направлению, а потом по боковому. Стабилизацию стрелочного перевода и примыкающих путей с каждой стороны по 25 метров производит машина DGS-90.

При смене шпалы, сначала освобождают от балласта смежный со сменяемой шпалой шпальный ящик на 5-7 см ниже подошвы шпалы и выход против него. Одновременно выдергиваются костыли и снимаются подкладки из сменяемой шпалы. Затем ломом сдвигают шпалы в ящик, вытаскивают их на междупутье. Затем, по месту установки шпалы, удаляется 5-7 см лишнего балласта в один уровень с предварительно отрытым смежным шпальным ящиком. После подготовки постели затаскивают и укладывают новые шпалы на место, укладывают подкладки. Ручной дрелью в шпале просверливают, а затем

антисептируют костыльные отверстия, после чего в них забивают костыли (сначала основные, а затем обшивочные), шпальный ящик до половины высоты шпалы заполняют чистым балластом и шпалу подбивают. По окончании подбивки шпальный ящик заполняют балластом на 2/3 высоты (на 5-6 см ниже подошвы рельса), трамбуют балласт и обметают поверхность шпал, рельсов и креплений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Атамкулов Е.Д., Жангаскин К.К. Железнодорожный транспорт Казахстана. Реструктуризация и пути интеграции в мировую экономику.- Том 1. Под редакцией Р.К. Сатовой.- Алматы, Экономика, 2003, 742с.
- [2] Правила ведения путевого хозяйства», приказ №358-ЦЗ от 09.04.2012г.
- [3] Исаенко Э.П., Финк В.К., Косенко С.А. Железобетонные шпалы и детали креплений Альбом, 1 и 2 том. Алматы, ТОО «Алла прима», 2009, - 258с.
- [4] Косенко С.А. Железнодорожный путь: Учебное пособие. - Алматы, КазАТК, 2013.-177с.
- [5] Исаенко Э.П., Косенко С.А., Исмагулова С.О. Железнодорожный путь. Учебное пособие: - Алматы, КазАТК, 2011, 118с.
- [6] Т.Г. Яковлева и др. Основы устройства и расчётов железнодорожного пути. М. «Транспорт», 1990.

REFERENCES

- [1] Atamkulov E.D., Zhangaskin K.K. *Zheleznodorozhnyi transport Kazakhstana. Restrukturizatsiya i puti integratsii v mirovuyu ekonomiku* [in Russian: Railway transport of Kazakhstan. Restructuring and Ways of Integration into the World Economy]. - Volume 1. Edited by R.K. Satovoy.- Almaty, Economics, 2003, 742 p.
- [2] *Pravila vedeniya putevogo khozyaistva* [in Russian: Rules for the management of track facilities], order No. 358-TsZ of 04/09/2012.
- [3] Isaenko E.P., Fink V.K., Kosenko S.A. *Zhelezobetonnye shpaly i detail skreplenii* [in Russian: Reinforced concrete sleepers and fastening details] Album, 1 and 2 volumes. Almaty, Alla Prima LLP, 2009, - 258 p.
- [4] Kosenko S.A. *Zheleznodorozhnyi put* [in Russian: Railway track] Tutorial. Almaty, KazATK, 2013.-177 p.
- [5] Isaenko E.P., Kosenko S.A., Ismagulova S.O. *Uchebnoe posobie: Zheleznodorozhnyi put* [in Russian: Tutorial: Railway Track]. Almaty, KazATK, 2011, 118 p.
- [6] T.G. Yakovleva and others. *Osnovy ustroistva i raschetov zheleznodorozhnogo puti* [in Russian: Fundamentals of the device and calculations of the railway track]. M. "Transport", 1990.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ПО СХЕМЕ СТАНЦИИ АЛМАТЫ-1

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна, профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, merci-04@mail.ru

Жумасейтова Анар Балтабаевна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская Академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; ajumaseitova@mail.ru

Аймурзаева Жазира Кенесовна, к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская Академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; aimurzaeva@mail.ru

АЛМАТЫ-1 СТАНЦИЯСЫНЫҢ СХЕМАСЫ БОЙЫНША ТЕМІРЖОЛ БАҒЫТТАМАЛЫ БҰРМАЛАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІН ТАЛДАУ

Тюлюбаева Зауреш Джанатовна – профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, merci-04@mail.ru.

Жумасейтова Анар Балтабаевна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан ajumaseitova@mail.ru

Аймурзаева Жазира Кенесовна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; aimurzaeva@mail.ru

Аңдатпа: Бұл жұмыста жөнделуге жататын ПЧ-46 трассасының Алматы қашықтығындағы бұрылыстардың техникалық жай-күйіне талдау жасалады (1/11). Арт саябағында. Алматы бағытында бұрылуға жататын жолдың қашықтығы 5 дана. Алматы тақ саябағында Art. Алматы қашықтық трассасы 10 дана түзетілуі керек.

Түзетілетін бұрылыстардың жалпы саны - ағаш шпалдарда 15. Конструкциялық дизайны - бұл бір реттік қарапайым айналым. Р65 рельс ауыстырғышының рельсті түрі. 1.2-кестеде (Алматы-

1-дегі бұрылыстардың түсіндірмесі) UNIMAT машинасымен жасыл түсті түзетуді қажет ететін бұрылыстар көрсетілген.

R-65 типтегі теміржол қосқыштары, 1/11 дәрежелі темірбетон көлденең штангалар мен шпалдардан. Бұрылыс кезіндегі және оған жақын аудандардағы балласт қоқыс болып табылады, арамшөптердің 30% -на дейін бар, кейбір байланыстырушы элементтер ақаулы және ауыстыруды қажет етеді. Диссертацияда бұрылысты әр жағынан 25 м болатын көрші учаскелермен түзетудің техникалық процесі жасалынған. «Терезенің» ұзақтығы - 3 сағат.

RM-80 машинасы арамшөптердің қоқыстарын тазалайды, қоқыс жетіспеушілігін хопператордың көмегімен толтырады Балластты жоспарлаушы және қайта бөлуді ПБР-400 балласты жоспарлаушы жүзеге асырады. Бұл кезеңде қоқыстар тазаланып, UNIMAT машинасы іске қосылды.

Бұрылысты UNIMAT машинасымен үздіксіз түзету және түзету басында алға, содан кейін бүйірге жүргізіледі.

25 метрдің екі жағындағы бұрылыс және іргелес жолдардың тұрақталуын DGS-90 машинасы орындайды. Нәтижесінде, бірінші нұсқа бойынша 1 км жолды түзету құны 60133,15 теңгені құрады, екінші нұсқа бойынша, UNIMAT машинасын қолдана отырып, жолдың 1 км түзету 7517,41 теңгені құрады. Шығындарды үнемдеу 87,5 пайыз.

Сонымен қатар балдақтарды тартып, төсемдер ауыстырылатын шпалдардан алынады. Содан кейін гравкалар шпалдарын қорапқа салып, оны жарылыс аралыққа шығарады. Содан кейін шпал орнатылатын жерде 5-7 см артық балласт бір деңгейде алынып тасталады, бұрын ашылған көршілес шпалдар қорапшасы бар.

Шпалдардағы тесіктерді қолмен бұрғылаумен бұрғылайды, содан кейін балдақтар антисептикалық болып табылады, содан кейін балдақтар оларға балғамен соғылады (алдымен негізгі, содан кейін корпус), шпалдар қорапшасы таза балластпен шпалдардың биіктігіне дейін жартысына толтырылады, ал шпалдар құлайды.

Түйінді сөздер: теміржол қосқыштары, крестовина, балласт, белгі, станция, өзек, беріліс жолақтары.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 91-96

THE METHOD OF BOUNDARY INTEGRAL EQUATIONS OF THE POTENTIAL THEORY IN THE SOLUTION OF THE BOUNDARY VALUE OF THE ELASTICITY THEORY FOR THE COMPOSITE AREA

Zhadraev Rysdaulet Zhadrauly - candidate of Technical Sciences, associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty city, Republic of Kazakhstan, zhadrayev@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a study by the method of integral equations of the theory of the potential of the stress state of a composite region. Integral equations are compiled for plane problems of the theory of elasticity, the solution of which gives an unknown density vector when determining the stress - strain state of a composite region consisting of two different multiply connected subdomains, and also malignant potentials that express stresses and displacements are compiled.

Significant progress in the methods of studying the problems of mechanics of a deformable solid is achieved by using modern mathematical techniques. One of these areas is the use of the potential method, which reduces the boundary value problems of elasticity theory to singular integral equations at the boundary of the region and has proven itself in numerical studies of recent years.

The method of integral equations of potential theory has been widely used not only to study boundary value problems of the theory of harmonic functions, but also to study the equation of elastic equilibrium, after the appearance of the theory of integral equations of Fredholm.

Regular integral equations for the D. Lauricell flat boundary value problem, and G. Weil for the first three-dimensional first boundary value problem, were obtained by means of complex artificial constructions.

Some researchers, having obtained singular integral equations for boundary value problems of the theory of elasticity, operated with them as with Fredholm, although the Fredholm theory was not directly

applicable to these equations. The integrals involved in these equations converge in a special sense (in the sense of the main Cauchy value), and therefore the equations are called singular.

For practice, it is important to study the stress-strain state of an inhomogeneous medium consisting of two multiply connected domains. In this case, the correct choice of fundamental solutions determines the effectiveness of resolving integral equations of the elasticity theory problem and their successful implementation on a computer.

The second boundary-value problem for a domain composed of two multiply connected domains is considered in the article.

The inner region is limited by several inner contours, and the outer contour, which covers the entire region and is the line of contact of the two regions.

For the statement of the boundary value problem, all of the above the contours of the regions, as well as the physical parameters of both continuous media. It was assumed that not only the shear moduli of the media are different, but also the Poisson's ratios.

In the problem posed, it is convenient to search for functions in the form of the so-called biharmonic potentials of a simple layer with previously unknown distribution densities.

According to Hooke's law and Cauchy formulas, we find the elements of the stress tensor for the internal points of the region.

For the boundary points of the domain, it suffices to replace the integrals with their limiting values.

Substituting the limit stress values for the boundary points into the boundary conditions and taking into account the third and fourth continuity conditions in the contact zones, we form a closed biased system of integral equations of the second and first kind of the posed boundary value problem.

Keywords: elasticity, integral equations, potential, simple-layer potential, potential density, Lamé equations, fundamental solution, Hooke's law, Cauchy formula, stresses, displacements.

УДК 517.968:531

Р. Ж. Жадраев¹

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

МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛА В РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ СОСТАВНОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования методом интегральных уравнений теории потенциала напряженного состояния составной области. Составлены интегральные уравнения для плоских задач теории упругости, решение которых дает неизвестный вектор плотности при определении напряженно – деформированного состояния составной области, состоящей из двух различных многосвязных подобластей, а также составлены эластопотенциалы, которые выражают напряжения и перемещения.

Ключевые слова: упругость, интегральные уравнения, потенциал, краевая задача, функция напряжений, бигармонический потенциал, потенциал простого слоя, плотность потенциала, уравнения Ламе, фундаментальное решение, закон Гука, формула Коши, напряжения, перемещения.

Прогресс в методах исследования задач механики деформируемого твердого тела достигается путем использования современных математических приемов.

Одним из таких направлений является применение метода потенциала, который сводит краевые задачи теории упругости к сингулярным интегральным

уравнениям на границе области и хорошо зарекомендовал себя в численных исследованиях последних лет [1-4].

Метод интегральных уравнений теории потенциала стали широко применять не только для исследования краевых задач теории гармонических

функций, но и доля изучения уравнения упругого равновесия после появления теории интегральных уравнений Фредгольма [8-9], хотя теоремы Фредгольма для сингулярных интегральных уравнений были доказаны позже [6-9].

Регулярные интегральные уравнения для первой плоской краевой задачи Д.Лауричелла, а для трехмерной первой краевой задачи Г.Вейль, получили посредством сложных искусственных построений.

Некоторые авторы [1, 11], получив сингулярные интегральные уравнения для краевых задач теории упругости, оперировали с ними как с фредгольмовскими, хотя теория Фредгольма оказалась неприменимой непосредственно к указанным уравнениям. Входящие в эти уравнения интегралы сходятся в специальном смысле (в смысле главного значения Коши), в связи с чем уравнения названы сингулярными.

Математическое исследование названных выше уравнений оказалось возможным провести только после разработки С.Г.Михлиным [8-9] теории многомерных сингулярных интегралов и интегральных уравнений и доказательства В.Д.Купрадзе [6-7] справедливости применения альтернативы Фредгольма к этим уравнениям.

Полные сведения о математическом аппарате теории потенциала в приложении к задачам механики твердого деформируемого тела в настоящее время приводятся в монографиях В.Д.Купрадзе и его сотрудников Т.Г.Гегелиа, М.О.Башелейшвили, Т.В.Бурчуладзе [6-7], где получены многомерные сингулярные интегральные уравнения внутренних и внешних краевых задач статики, динамики и термического нагружения для однородных и составных тел при помощи эластопотенциалов, построенных с помощью матрицы фундаментальных решений Кельвина, Бурчуладзе. Исследованы предельные свойства эластопотенциалов и доказаны теоремы существования, единственности и

корректности для решения сингулярных интегральных уравнений основных краевых задач. А также показано, что сингулярные интегральные уравнения основных плоских краевых задач по своим спектральным свойствам аналогичны интегральным уравнениям Дирихле и Неймана в теории гармонических функций.

Исследованиями в области совершенствования метода эластопотенциала для решения краевых задач плоской теории упругости занимались В.Д.Купрадзе [6-7], Ю.Д. Копейкин [4-5], И.С. Аржаных [1], П.И. Перлин [11] и многие другие зарубежные ученые [1-11].

В работе Ю.В.Верюжского и его учеников [2-3] рассматривается напряженно – деформированное состояние составных тел. После некоторых преобразований с помощью теоремы взаимности работ получен для таких тел эластопотенциал, после чего составлены разрешающие уравнения каждого фрагмента S_k , независимо от остальной части плиты, и условия неразрывности определяются тождественностью соответствующих неизвестных перерезывающих сил, изгибающих моментов, углов поворота и прогибов на участках сопряжения.

Для практики важно исследовать напряженно – деформированное состояние неоднородной среды, состоящей из двух многосвязных областей. В этом случае правильный выбор фундаментальных решений обуславливает эффективность разрешающих интегральных уравнений задачи теории упругости и их успешную реализацию на ЭВМ.

Рассмотрим вторую краевую задачу для области $D = D^+ \cup D^-$, т.е. составленной из двух многосвязных областей: внутренней D^+ и внешней D^- . Граница области D^- состоит из гладких замкнутых контуров L_{lk}^-, L_q , $q = 0, 1, 2, \dots, n$; причем L_0 охватывает все остальные. Контур L_{lk}^- граничит с областью D^+ , так что область D^+ охватывается областью D^- . Контур L_0

может отсутствовать (сводится к бесконечно удаленной точке). В последнем случае область D^- будет бесконечной.

Внутренняя область D^+ ограничена несколькими внутренними контурами $L_s, s = 1, 2, \dots, m$ и внешним контуром $L_{лк}^+$, который охватывает всю область D^+ и является линией контакта двух областей D^+ и D^- . Назовем через $L_{лк}$ линию контакта двух сред.

На линии контакта $L_{лк}$ необходимо составить условия сопряжения:

$$p^+ = p^-, u^+ = u^- \quad (1)$$

Для постановки краевой задачи полагаем заданными все перечисленные контуры областей, а также физические параметры обеих сплошных сред. Будем предполагать, что не только модули сдвига G сред различаются, но и коэффициенты Пуассона ν .

На всех контурах, кроме $L_{лк}$, задана внешняя нагрузка, на контуре $L_{лк}$ задано условие (1).

Для области $D = D^+ \cup D^-$ решаем вторую краевую задачу плоской теории упругости, т.е. в этой области ищется решение системы Ламе:

$$\Delta u_i + \frac{1}{1-2\nu} u_{k,ki} = -\frac{K_i}{G} \quad (2)$$

Согласно Б.Г. Галеркину сделаем следующую замену искомым функций:

$$u_i = \Delta W_i - \frac{1}{2(1-\nu)} W_{k,ki}, \quad (3)$$

где W -вектор функций напряжений.

После подстановки представления (3) в уравнение (2) получаем:

$$\Delta \Delta W_i = -\frac{K_i}{G}. \quad (4)$$

В поставленной задаче удобно разыскивать функции W_1 и W_2 в виде так называемых бигармонических потенциалов простого слоя с неизвестными заранее плотностями распределения $\mu_1(y)$ и $\mu_2(y)$:

$$W_i = \oint_L \mu_i(y) * W_k^*(x, y), \quad i = k, \quad (5)$$

где $\mu_1(y), \mu_2(y)$ - искомые плотности потенциалов; W_k^* - фундаментальное решение, т.е.

$$W_k^* = \frac{0,125R}{\pi G} (1 - \ln R) \quad (6)$$

Внесем в (3) принимаемые значения (5) функций W_i . Тогда получим так называемый плоский эластопотенциал простого слоя для области $D^+ \cup D^-$;

$$u_j(x) = b \oint_{L_c} \mu_i(y) u_{ij}(x, y) dl_y, \quad (7)$$

где $u_{ij}(x, y) = \beta_i \beta_j - \delta_{ij} (3 - 4\nu) \ln R$,

$$b = \frac{0,125}{\pi G (1 - \nu)}, \quad \nu = \nu^-, \quad \text{если } x \in D^-,$$

$$\nu = \nu^+, \quad \text{если } x \in D^+.$$

По закону Гука и по формулам Коши найдем элементы тензора напряжений для внутренних точек области $D^+ \cup D^-$ принадлежащими им значениями b и μ_j :

$$\sigma_{ik} = 2Gb \oint_{L_c} \mu_j \sigma_{ik}^{(j)} dl, \quad (8)$$

$$\sigma_{ik}^{(j)} = \frac{1}{R} [(1 - 2\nu)(\delta_{ik} \beta_j - \delta_{ij} \beta_k - \delta_{jk} \beta_i) - 2\beta_i \beta_j \beta_k].$$

Для граничных точек $x \in L_c$ области достаточно заменить интегралы их предельными значениями при $x \rightarrow y$.

Подставляя предельные значения напряжений для граничных точек

$x \in L_c$ в граничные условия $p_i = \sigma_{ij}n_j$ и с учетом третьего и четвертого условий неразрывности в зонах контакта $L_{лк}$ образуем замкнутую смещанную систему ИУ второго и первого рода поставленной краевой задачи:

$$\mu_i(x) + \frac{0,5}{\pi(1-\nu)} \oint_{L_c} Q_{ij}(x, y) \mu_j(y) dl = 2f_i, \quad (9)$$

$$b^+ \oint_{L_b} \mu_i(y) u_{ij}(x, y) dl_y - b^- \oint_{L_n} \mu_i(y) u_{ij}(x, y) dl_y = 0, \quad x \in L_{лк}, \quad (10)$$

где $L_c = L_n$, если $x \in \sum_{q=0}^n L_q$; $L_c = L_b$, если $x \in \sum_{s=1}^n L_s$;

$$Q_{ij}(x, y) = (1 - 2\nu + 2\beta_i\beta_j) \frac{\beta_k n_{xk}}{R}, \quad i = j \quad (11)$$

$$Q_{ij}(x, y) = [(n_{xj}\beta_i - n_{xi}\beta_j)(1 - 2\nu) + 2\beta_i\beta_j\beta_k n_{xk}] \frac{1}{R}, \quad i \neq j;$$

Причем в уравнении (9) ядро является сингулярным, а в уравнении (10) – логарифмическим.

Решая полученную систему ИУ, определяем неизвестный вектор плотности в точках границы L . После этого по формулам (7), (8) определяем компоненты вектора перемещения и напряжения внутри области $D^+ \vee D^-$ и на границе.

Выводы. Составлены интегральные уравнения для плоских задач теории упругости, решение которых дает неизвестный вектор плотности при

определении напряженно – деформированного состояния составной области, состоящей из двух различных многосвязных подобластей. Однородная среда является частным случаем. В поставленной задаче функции напряжений разыскивались в виде так называемых бигармонических потенциалов простого слоя с неизвестными заранее плотностями распределения. По закону Гука и по формулам Коши найдены элементы тензора напряжений для внутренних точек области. Составлены эластопотенциалы, которые выражают напряжения и перемещения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аржаных И.С. Векторные потенциалы изотропного упругого тела. //Труды института математики и механики АН УзССР. - 1951. – Вып.8. – С. 26-71.
- [2] Верюжский Ю.В. Применение метода потенциала для решения задач теории упругости. - Киев: КИСИ, 1975. - 175 с.
- [3] Верюжский Ю.В. Численные методы потенциала в некоторых задачах прикладной механики. - К.: Вища школа, 1978. - 183 с..
- [4] Копейкин Ю.Д. Применение бигармонических потенциалов в плоских краевых задачах теории упругости. // Упругость и неупругость. – 1971. - Вып.1. - С. 22-26.
- [5] Копейкин Ю.Д., Аляутдинов М.И., Бормот Ю.Д. Решение двумерных задач расчета элементов конструкций. // Материалы по металлическим конструкциям. – 1975. - Вып. 18. - С. 5 - 8.
- [6] Купрадзе В.Д. Методы потенциала в теории упругости. - М.: Физматгиз, 1963. - 472 с.
- [7] Купрадзе В.Д. и др. Трехмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. – М.: Наука, 1976. - 664 с.
- [8] Михлин С.Г. Приведение основных задач плоской теории упругости к интегральному уравнению Фредгольма. // ДАН СССР, Новая серия, 1934. - Том 1.

- [9] Михлин С.Г. Многомерные сингулярные интегралы и интегральные уравнения. - М.: Наука, 1966. - 254 с.
[10] Мухелишвили Н.И. Сингулярные и интегральные уравнения. - М.: Наука, 1968. - 512 с.
[11] Партон В.З., Перлин П.И. Интегральные уравнения теории упругости. - М.: Наука, 1977. - 312 с.

REFERENCES

- [1] Arzhanykh I.S. *Vektornye potencialy izotropnogo uprugogo tela* [In Russian: Vector potentials of an isotropic elastic body].//Works of institute of mathematics and mechanics of AN UzSSR. - 1951. - No. 8. - Page 26-71.
[2] Veryuzhsky Yu.V. *Primenenie metoda potenciala dlja reshenija zadach teorii uprugosti* [In Russian: Application of a method of potential for the solution of tasks of the theory of elasticity].//Book: KISI, 1975. - 175 pages.
[3] Veryuzhsky Yu.V. *Chislennye metody potenciala v nekotoryh zadachah prikladnoi mehaniki* [In Russian: Numerical methods of potential in some problems of applied mechanics]. - To.: Vishcha school, 1978. - 183 pages.
[4] Kopeykin Yu.D. *Primenenie bigarmonicheskikh potencialov v ploskih kraevykh zadachah teorii uprugosti* [In Russian: Use of biharmonic potentials in flat regional tasks of the theory of elasticity].//Elasticity and unelasticity, 1971, vyp.1. - Page 22-26.
[5] Kopeykin Yu.D., Alyautdinov M. I., Yu.D. *Bormot. Reshenie dvumernykh zadach rascheta ehlementov konstrukcij* [In Russian: Solution of two-dimensional problems of calculation of elements of designs].//Materials on metal designs, 1975, вып. 18. - Page 5 - 8.
[6] Kupradze V.D. *Metody potenciala v teorii uprugosti* [In Russian: Potential methods in the theory of elasticity]. - M.: physics-math, 1963. - 472 pages.
[7] Kupradze V.D., etc. *Trehmernye zadachi matematicheskoi teorii uprugosti i termouprugosti* [In Russian: Three-dimensional tasks of the mathematical theory of elasticity and thermoelasticity]. - M.: Science, 1976. - 664 pages.
[8] Mikhlin S.G. *Privedenie osnovnykh zadach ploskoj teorii uprugosti k integralnomu uravneniyu Fredgolma* [In Russian: Reduction of the main objectives of the flat theory of elasticity to the integrated equation of Fredholm].//The USSR, a New series, 1934, volume 1.
[9] Mikhlin S.G. *Mnogomernye singulyarnye integraly i integralnye uravnenija* [In Russian: Multidimensional singular integrals and integrated equations]. - M.: Science, 1966. - 254 pages.
[10] Muskhelishvili N.I. *Singulyarnye i integralnye uravnenija* [In Russian: Singulyarnye and integrated equations]. - M.: Science, 1968. - 512 pages.
[11] Parton V. Z., Perlin P. I. *Integralnye uravnenija teorii uprugosti* [In Russian: Integrated equations of the theory of elasticity]. - M.: Science, 1977. - 312 pages.

МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ ПОТЕНЦИАЛА В РЕШЕНИИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ СОСТАВНОЙ ОБЛАСТИ

Жадраев Рысдәулет Жадраұлы, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, zhadrayev@mail.ru

ҚҰРАМА АУДАН ҮШІН СЕРПІМДІЛІК ТЕОРИЯСЫНЫҢ ШЕТТІК ЕСЕБІН ПОТЕНЦИАЛ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ШЕКАРАЛЫҚ ИНТЕГРАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ӘДІСІМЕН ШЕШУ

Жадраев Рысдәулет Жадраұлы, техника ғылымдарының кандидаты, ассоцирленген профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, zhadrayev@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада потенциал теориясының интегралдық теңдеулер әдісімен көп байланысты құрама ортаның кернеулі күйін зерттеудің нәтижелері баяндалған. Серпімділік теориясының жазық есебі үшін интегралдық теңдеулер құрастырылған, олардың шешуі екі әртүрлі көп байланысты аудандардан құралған құрама ауданның кернеулі – деформацияланған күйін анықтаған кездегі белгісіз тығыздық векторын береді, сонымен бірге кернеулер мен жылжуларды бейнелейтін эластопотенциалдар да құрастырылған.

Түйінді сөздер: серпімділік, интегралдық теңдеулер, потенциал, шеттік есеп, кернеулер функциясы, бигармоникалық потенциал, қарапайым қабаттың потенциалы, потенциал тығыздығы, Ламе теңдеулері, фундаменталдық шешім, Гук заңы, Коши формуласы, кернеулер, жылжулар.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 97-103

ASSEMBLY-DISMOUNTABLE LATTED SNOW-PROTECTIVE PROTECTIONS

Inna Bazanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

Aigul Uteshbaeva, Ph.D., assistant professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; a.uteshbaeva@mail.ru

Turly Dyusengalieva, Ph.D., assistant professor, M. Tynyshpayev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan; mukhtarova.t67@mail.ru

Saken Tatishev, Ms.Sci.(Eng.), Associate professor, Caspian University, Almaty, Kazakhstan.

Abstract: The newly developed design of the snow fence is given. A feature of this design solution is the prostate mounting and dismounting. Fencing consists of rectangular reinforced concrete lattice blocks, the side and vertical rods of which simultaneously serve as part of common racks. During installation, the blocks are installed in height on top of each other, forming a zigzag shape in plan. In the docking zone of the rack, the side grilles are interconnected by clamps, creating a single grille in height.

Consider the dynamics of changes in snow cover per unit area. Let a certain amount of precipitation in the form of snow fall during the winter period - Q1. However, over time, part of their Q2- evaporates into the atmosphere. Snow from the surface of the snow cover evaporates, bypassing the liquid phase; such a process is called sublimation.

On the other hand, as a result of condensation of water vapor on a cold snow surface, a certain amount of solid precipitation Q3 forms in the form of hoarfrost and hoarfrost from the surface layer of the atmosphere.

Depending on the location on the ground and as a result of wind activity in this area, snow will be brought from neighboring sites - Q4, or part of the solid precipitation will be demolished - Q5.

If during the winter thaws were observed, then part of the snow Q6 melts and is absorbed into the soil in the form of water or flows into low places.

These solutions allow installation work all year round since concrete works in the supporting part and well drilling are completely excluded from the names of works.

Zigzag or arc-shaped forms of fencing in plan increase snow accumulation due to vortex movements in a pocket between compartments and overall stability on capsizing due to spatial work of the whole fencing.

Keywords: Snow retention fencing, reinforced concrete grille, clamp bolt connections, reinforced concrete fencing, shields, swirl flows.

УДК 627.(075.8)

И.А.Базанова¹, А.А.Утешбаева¹, Т.М.Дюсенгалиева¹, С.К. Татищев²

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

²Каспийский Университет, г. Алматы, Казахстан

СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ РЕШЕТЧАТЫЕ СНЕГОЗАЩИТНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

Аннотация. Приведена вновь разработанная конструкция снегозащитного ограждения. Особенность данного конструктивного решения состоит в простоте монтажа и демонтажа. Ограждение состоит из прямоугольных железобетонных решетчатых блоков, боковые и вертикальные стержни которых одновременно служат частью общих стоек. При монтаже блоки устанавливаются по высоте друг на друга, образуя в плане зигзагообразную форму. В зоне стыковки стойки боковые решетки соединяются между собой хомутами, создавая по высоте единую решетку.

Ключевые слова: снегозадерживающие ограждения, железобетонная решетка, хомутовые болтовые соединения, железобетонные ограждения, щиты, вихревые потоки.

Территория Казахстана расположена в лесостепной, степной, полупустынной и пустынной зонах с резко континентальным климатом. В северной половине Казахстана высота снежного покрова достигает 50 см, а в Восточно - Казахстанской, Семипалатинской и Талды-Курганской областях даже 90 см. Скорости ветров в зимний период достигают 24 и даже 34 м/сек. Все это приводит к большим объемам приносимого к дорогам снега. По данным А.А. Кунгурцева (1962 г.) в степной зоне Северного Казахстана к дорогам приносит от 300 до 600 м³/м снега, а на некоторых участках даже до 800 - 1200 м³/м. Эти данные подтверждаются В.М. Михель и А.В. Рудневой (1967 г.), которые указывают для северной половины Казахстана объемы приносимого к дорогам снега даже в пределах от 400 до 1500 м³/м. Необходимо отметить, что по величине объемов приносимого к дороге снега северная половина Казахстана находится на втором месте после Арктики [1].

В XXI веке в качестве снегозадерживающих устройств применяли снеговые валы. В 1863г. впервые был применен переносный решетчатый щит - изобретение инж. В. А. Титова.

Эффективность щитов состоит в том, что их с первоначального положения приподнимают в новое надсугробное. После таких перестановок до 10-12 раз у щитов накапливается до 150 м³ снега в виде вала высотой до 10м.

Однако применение деревянных щитов с каждым годом снижается и их употребление в настоящее время в Казахстане составляет порядка 15-20 %. Основная причина такого сокращения состоит в трудоемкости установки и перестановки щитов, износ и использование их населением в качестве дров.

В последние 20-30 лет для защиты транспортных дорог часто начали внедрять

железобетонные решетчатые панели установленные в пазы опорных стоек. Стойки заглубляются в грунт до 1,5 м и располагаются строго в один ряд создавая плоское сквозное ограждение (рис. 1) В процессе эксплуатации железобетонных заборов никаких работ, кроме ежегодного весеннего осмотра после таяния снега, обычно в течение 30 лет не требуется при качественном выполнении работ по устройству забора..

Но однако эти ограждения имеют много недостатков, но тем не менее применяются, т.к. на сегодня нет лучшего варианта.

Рассмотрим динамику изменения снежного покрова на единице площади. Пусть за зимний период выпадает определенное количество осадков в виде снега – Q_1 . Однако со временем часть их Q_2 испаряется в атмосферу. Снег с поверхности снежного покрова испаряется, минуя жидкую фазу; такой процесс называют возгонкой.

С другой стороны, в результате конденсации водяного пара на холодную снежную поверхность из приземного слоя атмосферы, образуется определенное количество твердых осадков Q_3 , в виде инея и изморози.

В зависимости от расположения на местности и в результате деятельности ветра в данной площади будет принесен снег с соседних участков - Q_4 , либо часть твердых осадков будет снесена – Q_5 .

Если в течение зимы наблюдались оттепели, то часть снега Q_6 тает и в виде воды впитывается в почву или стекает в пониженные места.

Оставшуюся часть снежного покрова в результате воздействия приведенных факторов обозначим Q_0 и на основе закона сохранения вещества составим уравнение снежного баланса для единицы площади:

$$Q_1 + Q_3 + Q_4 = Q_0 + Q_2 + Q_5 + Q_6 \quad (1)$$

Этот способ, изложенный А.А. Кунгурцевым [1], требует знания многих

исходных данных, которые весьма трудно точно определить, поэтому метод снежного

баланса пока пригоден лишь для приближенных расчетов. На наш взгляд, метод снежного баланса наиболее полно отражает реальную действительность

формирования снежного покрова, но на сегодняшний день требует более детальной разработки.

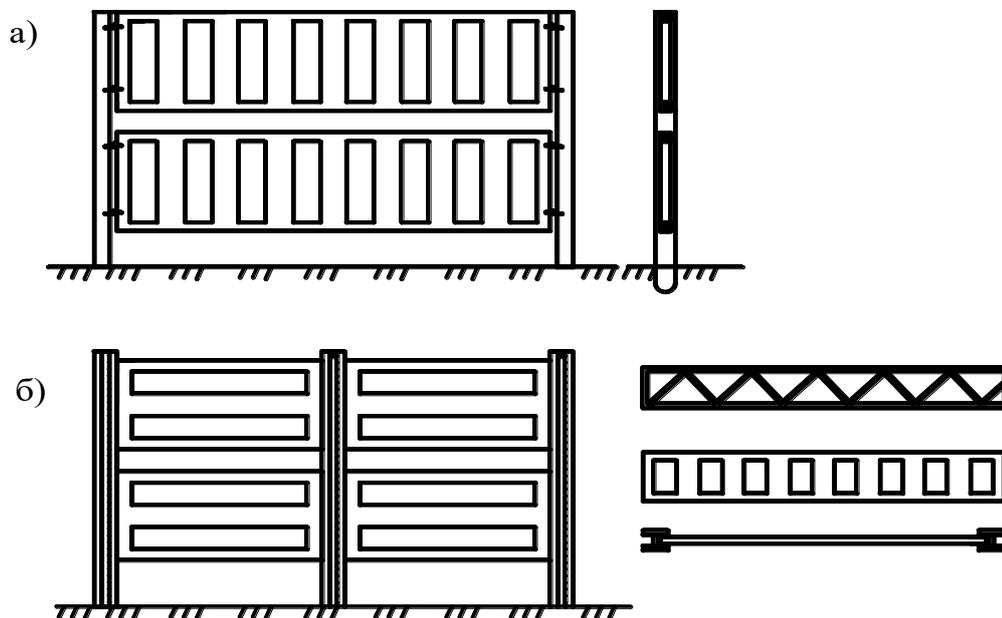


Рис. 1 – Железобетонные ограждения с постоянной просветностью:
 а – ограждения с съемно-разборными панелями; б- разновидности формы панелей.
 Fig. 1 – Reinforced concrete fencing with constant transparency:
 a - fencing with removable collapsible panels; b- varieties of the shape of the panels.

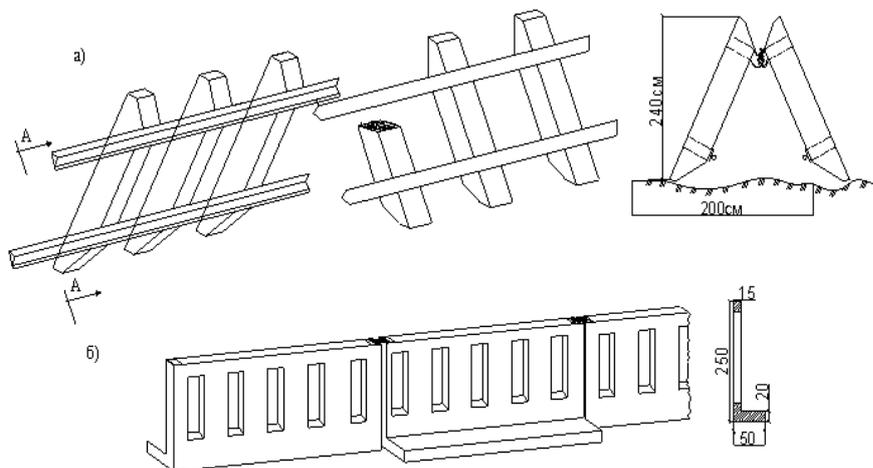


Рис. 2 – Невысокие пространственные и плоские заборы
 Fig. 2 – Low spatial and flat fences

Вдоль железных дорог Алматы-Астана и Алматы-Усть-Каменогорск свободно установлены сквозные L-образные железобетонные панели с вертикальными щелями, Высота конструкции составляет не более 2,5м (рисунок 3) Элементы ставились на землю в

шахматном порядке и соединены между собой сваркой. Такие заборы неустойчивые на опрокидывание.

Важной характеристикой снегопада считают интенсивность снегопада, т.е. количество снега, выпавшее на единицу площади за единицу времени:

$$J_c = \frac{q_c}{t_c}, J_c = \frac{q_c}{t_c} \quad (2)$$

где J_c - интенсивность снегопада ($\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$); t_c - продолжительность снегопада (ч); q_c - удельная масса снега, выпавшего при снегопаде на 1 м^2 поверхности ($\text{кг}/\text{м}^2$).

Удельную массу снега можно определить по формуле:

$$q_c = (H_{i+1} - H_i) \rho = (H_{i+1} - H_i) \rho, (\text{кг}/\text{м}^2) \quad (3)$$

где H_{i+1} и H_i - высоты смежного покрова соответственно до и после снегопада (см); ρ - средняя плотность снежного покрова (кг).

Если известно количество осадков в дождемерном ведре на метеостанции за тот же период времени, то удельная масса определяется по формуле:

$$q_c = Q_c, q_c = Q_c, (\text{кг}/\text{м}^2) \quad (4)$$

где Q_c - количество воды, аккумулированное в твердых осадках в дождемерном ведре (мм.вод.ст.).

Особенностью определения удельной массы выпавшего снега надо считать возможность ее установления и сравнения по обеим формулам с учетом наблюдаемых погодно-климатических явлений и месторасположения метеорологической станции (частоту и продолжительность явлений природы легко установить по журналу наблюдений).

На основе вероятностно-статистических методов и данных многолетних наблюдений на ближайших метеорологических станциях можно определить среднюю величину интенсивности снегопадов для конкретного района [5]:

$$\bar{J}_c = \frac{1}{n} \sum_1^n J_i, \bar{J}_c = \frac{1}{n} \sum_1^n J_i \quad (5)$$

Учитывая ряд недостатков линейных снегозащитных заборов, нами усовершенствованы конструкции сборно – разборного железобетонного ограждения. Новое ограждение для защиты дорог от

снежных заносов содержит полосовые решетчатые панели, обрамленные по периметру ребрами, а по торцам небольшие консольные выступы вдоль ребра торца для стыковки аналогичными частями других панелей (рис 2.). Торцевые консоли с ребрами жесткости панели образуют часть стойки. Несколько таких панелей друг на друга по высоте создают составную опорную стойку и отсек панели ограждения. Такие отсеки собранные из отдельных панелей устанавливаются зигзагообразно в общем плане всего ограждения. Устойчивость стоек из консолей на сдвиг, выдергивания и опрокидывания осуществляются пластинчатыми стальными хомутами на болтах. Нижняя часть каждого отсека ограждения устанавливаются на фундаменте стаканного типа и они на 30-40 см заглубляются в грунт для исключения сдвига. Одно из круглого сечения консолей совместно с продольным торцевым ребром жесткости выполнены с пазами в виде сегмента. При установлении их в зигзагообразный ряд пазы стойки одного отсека совмещаются с круглым сечением другого отсека, таким образом создается условный полуцилиндрический шарнир с хомутами, допускающими свободные повороты для регулирования положения отсеков по зигзагу.

Для повышения устойчивости на опрокидывание при возможном ураганном ветре в начальном и конечном участках зигзагообразного (или многоугольной арки) ограждения устанавливаются по одному отсеку поперек ограждения. Соединение отсеков осуществляется в середине длины поперечно установленного отсека через промежуточные ребра решетчатой полосовой панели.

Такие поперечники, так называемые «диафрагмы» жесткости для восприятия горизонтальных нагрузок, в принципе могут быть установлены и по длине ограждения через каждые 50-60 метров.

Особенность данного конструктивного решения состоит в простоте монтажа и демонтаже при перестановке на другие более

снегозаносимые места. При монтаже нет необходимости бурить скважины глубиной 1,5м, т.к. в системе не предусмотрены специальные опорные стойки. Перепад местности тоже не играет роль, т.к. каждый отсек изолирован и имеет свою высоту, при этом хомутами связывают вначале по высоте элементов одного отсека, затем двух соседних отсеков общими хомутами между собой.

Особенность данного конструктивного решения состоит в простоте монтажа и демонтажа. Ограждение состоит из прямоугольных железобетонных решетчатых блоков боковые, вертикальные стержни которых одновременно служат частью общих стоек. При монтаже блоки устанавливаются по высоте друг на друга, образуя в плане зигзагообразную форму. В зоне стыковки стойки боковые решетки соединяются

между собой хомутами, создавая по высоте единую решетку.

Данные решения позволяют вести монтажную работу круглый год, т.к. из наименований работ полностью исключены бетонные работы в опорной части и бурения скважин.

Зигзагообразные или дугообразные формы ограждения в плане повышают снегонакопления за счет вихревых движений в кармане между отсеками и общую устойчивость на опрокидывания за счет пространственной работы всего ограждения.

Универсальность состоит в том, что, уменьшив высоту каждого отсека, его с успехом можно использовать для защиты дороги от песчаного заноса. Например из четырех решетчатых панелей собрать отдельно стоящие квадратики метровой высоты и т.д.

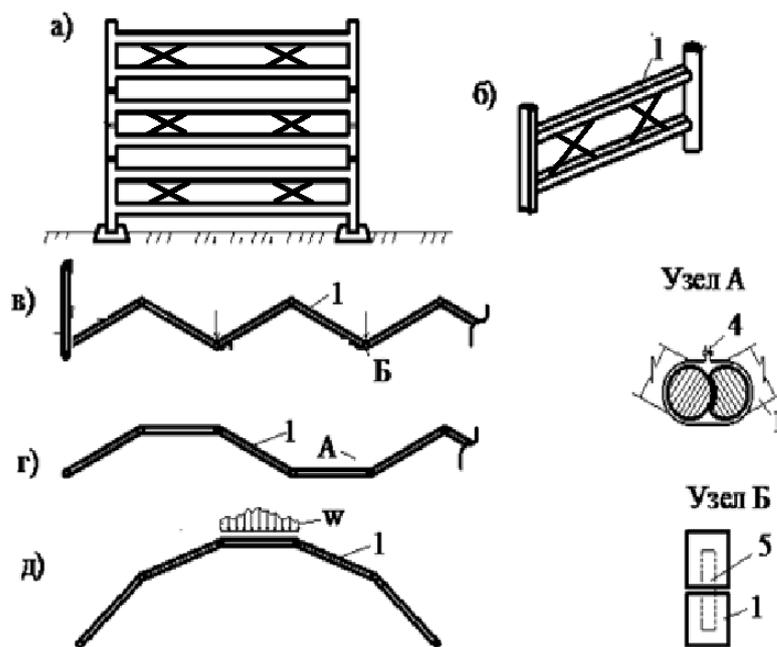


Рис. 3 – Железобетонное решетчато-панельное снегозащитное ограждение
 а – фрагмент отсека ограждения; б – основной решетчатый элемент в аксонометрии; в- г, д, возможные конфигурации ограждения в плане; узел А – схема стыковки двух панелей;
 1 - решетчато-панельная конструкция; 2 – фундаментный блок стаканного типа; 3 – соединение двух соседних в зоне стыковки верхних и нижних решеток

Fig. 3 – Reinforced concrete trellised-panel snow fence
 a - a fragment of the enclosure of the fence; b - the main lattice element in a perspective view; c - d, e, possible configuration of the fence in the plan; node A is a diagram of the docking of two panels; 1 - lattice-panel design; 2 - foundation block glass type; 3 - connection of two adjacent in the docking zone of the upper and lower gratings

Результаты экспериментальных исследований, изложенных выше, позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Технология снегозадержания осуществляется следующим образом. Давление ветроснежного потока принимается острием тупого угла зигзагообразного ограждения, в результате чего происходит разделение потока (разрушение структурности), образуются вихри в кармане между двумя сужающимися отсеками.

2. Вихревые потоки способны вызывать разность давления. В вихревом слое давление резко снижается, частицы снега подбрасываются почти вертикально вверх и затем по плавной спирали падают обратно на снежный покров, уплотняя его. В результате взаимодействия с криво-

установленными решетчатыми панелями (отклонение отсека в плане) снежный поток резко снижает свою энергию, падает его транспортирующая способность, что вызывает выпадение снежных частиц и за ограждением. А щели создают струю потока, который переносит отложившийся снег подальше, тем самым увеличивая объем отложения снега.

3. Эффективность предложенного решения состоит в том, что ограждение имеет возможность наращиваться, т.е. до 5-метровых погребенных отсеков, объемом 200 м³, устанавливаются дополнительно еще несколько рядов решетчатых панелей. После такого способа наращивания еще на 2 метра высоты, у ограждения накапливается до 400м³ снега, в виде вала высотой до 8-9м, длиной до 120 метров.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кунгурцев А.А. Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог в Казахстане. Алма-Ата, Министерство автомобильных дорог Казахской ССР, 1973.
- [2] Омаров А.Д., Закиров Р.С., Есенаманов Б.А., Защита от снежных заносов участков дорог Казахстана. - Алматы, Бастау, 2002 - 126с.
- [3] Байнатов Ж.Б., Тулебаев К.Р., Базанова И.А. Инженерная геология и защита горных дорог от опасных природных явлений. Алматы КазАТК: 2010 - 436с.
- [4] Базанова И.А. Защита транспортных сооружений от опасных природных явлений: Учебное пособие –Алматы: КазАТК 2019 – 205 с.
- [5] Байнатов Ж.Б., Тулебаев К.Р. Защита автомобильных дорог от снежных и песчаных заносов М.ЦБНТИ. ОН. №3 1997 -76с.

REFERENCES

- [1] Kungurtsev A.A. *Metodicheskiye rekomendatsii po zimnemu sodержaniyu avtomobil'nykh dorog v Kazakhstane. Alma-Ata, Ministerstvo avtomobil'nykh dorog Kazakhskoy SSR, 1973* [in Russian: Kungurtsev A.A. Guidelines for the winter maintenance of roads in Kazakhstan. Alma-Ata, Ministry of Roads of the Kazakh SSR, 1973].
- [2] Omarov A.D., Zakirov R.S., Yesenamanov B.A., *Zashchita ot snezhnykh zanosov uchastkov dorog Kazakhstana. Almaty, Bastau, 2002 - 126s* [in Russian: Omarov A.D., Zakirov R.S., Esenamanov B., A., Protection against snowdrifts of sections of roads of Kazakhstan. Almaty, Bastau, 2002 - 126s].
- [3] Baynatov Zh.B., Tulebayev K.R., Bazanova I.A. *Inzhenernaya geologiya i zashchita gornyykh dorog ot opasnykh prirodnykh yavleniy*. KazATK Almaty 2010 - 436s. [in Russian: Baynatov Zh.B., Tulebaev K.R., Bazanova I.A. Engineering geology and protection of mountain roads from natural hazards. KazATK Almaty 2010 - 436s].
- [4] Bazanova I.A. *Zashchita transportnykh sooruzheniy ot opasnykh prirodnykh yavleniy uchebnoye posobiye* Almaty KazATK 2019 – 205 s. [in Russian: Bazanova I.A. Protection of transport structures from hazardous natural phenomena Almaty textbook KazATC 2019 - 205 p].
- [5] Baynatov Zh.B., Tulebayev K.R. *Zashchita avtomobil'nykh dorog ot snezhnykh i peshanykh zanosov* M.TSBNTI. ON. №3 1997 -76s [in Russian: Baynatov Zh.B., Tulebaev K.R. Protection of roads from snow and sand drifts M.TSBNTI. IT. No. 3 1997 -76p].

СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ РЕШЕТЧАТЫЕ СНЕГОЗАЩИТНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

Базанова Инна Амандыковна, д.т.н., профессор Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан inna_bazanova@mail.ru.

Утешбаева Айгуль Амангалиевна, к.т.н., ассистент-профессор ¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан. a.uteshbaeva@mail.ru

Дюсенгалиева Турлы Мухтаровна, к.т.н., ассистент-профессор ¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, mukhtarova.t67@mail.ru

Татищев Сакен Камильтаевич, м.т.н., ассоц. профессор Каспийский университет, г. Алматы

ҚҰРАСТЫРМАЛЫ-ШЕШІЛМЕЛІ ТОРЛЫ ҚАРДАН ҚОРҒАУ ҚОРШАУЛАРЫ

Базанова Инна Амандыковна т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, inna_bazanova@mail.ru.

Утешбаева Айгуль Амангалиевна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан.

Дюсенгалиева Турлы Мухтаровна, т.ғ.к., ассоц. профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан.

Татищев Сакен Камильтаевич т.ғ.м., ассоц. профессор, Каспий Университеті, Алматы қ., Қазақстан

Андатпа: Қардан қорғау қоршауларының қайтадан өңделген конструкциясы келтірілген. Бұл конструктивтік шешімнің ерекшелігі монтажбен демонтаждауда қарапайымдылығы. Қоршау тіктөртбұрышты темірбетонды торлы блоктан тұрады, жақтық және тік топсалары бір мезетте жалпы тіреулердің бөлігі қызметін атқарады. Монтаждау кезінде блоктар биіктігі бойынша бірінің үстіне бірі орнатылып планда зигзак формасын түзеді. Түйісу зонасында тіреумен жақтық торлар өзара қамыт арқылы бекітіліп, биіктікте біртекті тор құрайды.

Түйінді сөздер: Қардан қорғаушы қоршаулар, темірбетонды тор, қамытты болтты біріктірулер, темірбетон қоршаулары, шарбақтар, құйынды ағым.

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 104-108

OLIGOMERS AS RAW MATERIALS FOR ADDITIVES AND OILS

Meldeshov Amangeldi Abdikhalikovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan, a.meldeshov@mail.ru.

Bersembayeva Samal Kairatovna, lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, b.samal77@mail.ru

УДК 446.665.642

A.A. Meldeshov¹, S.K. Bersembayeva¹

¹Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan

OLIGOMERS AS RAW MATERIALS FOR ADDITIVES AND OILS

Meldeshov Amangeldi Abdikhalikovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communications, Almaty, Kazakhstan, a.meldeshov@mail.ru.

Bersembayeva Samal Kairatovna, lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, b.samal77@mail.ru

Abstract. Traditional catalysts are used in modern technologies of producing oligomers, such as mineral and organic acids, and also organometallic catalysts. But these catalysts lead to serial processes, formation of large number of waste and by-products.

The ecologically safe ways of oligomers production using heterogeneous catalysts are therefore needed. In this connection, the research results of the last years are generalized in the catalytic oligomerization field of higher linear α -olefins over various olefin-aromatic, carbocyclic and other compounds. The advantages and disadvantages of the oligomers well-known technology are given.

Key words: oligomerization, oligomers, higher alpha olefins, catalysts, lubricants, additives, polymers, zeolites, diesel fuel.

Introduction. The known technologies for producing oligomers [1,2] are based on the use of traditional catalysts, such as mineral and organic acids; aluminum chloride, boron fluoride or their complexes with various compounds; as well as organometallic catalysts. The use of such catalysts leads to a multistage process, the formation of a large amount of waste and by-products. In addition, some of the listed catalysts are highly corrosive and toxic. In connection with the above, it is necessary to develop low-stage, environmentally safe methods for producing low molecular weight oligomers, which are based on the use of new heterogeneous catalysts. The reactivity of α -olefins in

oligomerization on zeolites largely depends on the structure of the substrate. Thus, the conversion decreases with increasing chain length $C_{12} > C_{14} > C_{16}$. The internal double bond conversion of olefins is less than the conversion of α -olefins [3].

Oligomers obtained in the presence of zeolite are characterized by a high content of dimers (83-93%). This is apparently due to the fact that branched compounds are formed, and the length of their alkyl chains is limited by the pore size of the zeolite [4].

The activity, selectivity and stability of zeolites in the oligomerization of α -olefins may vary significantly depending on the reaction conditions, in particular, on the phase state of

the hydrocarbons. The disadvantages of zeolite catalysts include their rapid deactivation due to blocking of pores with high molecular oligomers, therefore, it was suggested that mesoporous materials would be more promising catalysts for oligomerization processes of higher olefins, in wide pores which facilitate access to active sites for reagents and transport of large oligomers. Also, the oligomerization of cyclic and higher linear olefins on zeolites has not been sufficiently studied [5]. Олигомеры олефинов находят широкое применение в качестве присадок смазочным маслам.

Another important method of obtaining viscosity additives is the destruction of polymers. As a raw material, as a rule, use is made of the production of polymers — polyethylene, polypropylene. There are different variations of the process. For example, a polymer undergoes decomposition in an inert atmosphere of a solvent or in a low-boiling hydrocarbon liquid [6].

Setting goals. To obtain additives that reduce the temperature of the hardening of oils, waste production of polyethylene or propylene is subjected to oxidative degradation under the action of ozone. The additive reduces the pour point of oils for hydraulic transmissions from –17 to –37 °C [7].

Degradation products of ethylene-propylene copolymer containing about 50 mol.% Possess the best characteristics. % propylene. They are used to obtain all-season oils with IW 140 - 190 [8].

Among the depressants for summer diesel fuels, ethylene copolymers constitute a large proportion, effectively lowering the pour point and the limiting filterability temperature of fuels. Unlike copolymers of higher alkyl methacrylates, they have the disadvantage of increasing the filterability coefficient of diesel fuel. Therefore, the leading manufacturers of depressors suggest using them in combination with paraffin dispersants. An example is the depressant additive DACS - D, - a copolymer of ethylene and propylene. It exhibits high efficiency in flight fuels, lowering their pour point and limiting filterability temperature, but increases the filterability coefficient to values significantly higher than 3. By introducing

dispersant B-5 into the DAX-D additive of the dispersant additive B-5 [9]. In addition to dispersing additives, it is proposed to modify the copolymer itself by introducing polar groups. For example, a graft copolymer of ethylene and propylene, a grafted monomer - RCOOR¹ [10].

It should be noted that the best synthetic oils that ensure the operation of technology in cold climatic conditions are obtained on the basis of oligomers α - olefins C₆-C₁₄. To obtain oligomers as synthetic oils, toluene is added to the solvent in the required amount (5-30% by weight of α -olefin), then aquacomplex of aluminum chloride is supplied, and after reaching the required temperature, monomer. Instead of toluene, the C₇-C₉ fraction can be used or the α -olefins can be oligomerized together with styrene, dicyclopentadiene or indene, which are contained in the specified fraction. The molecular weight of the products obtained is determined depending on its value by cryoscopy or by the method of Staudinger [11].

For the synthesis of oligomers of molecular weight 600-2000 using various techniques. In particular, a method [12] has been developed for the production of low molecular weight oligomers, the essence of which is to feed toluene into the oligomerization solvent, which plays the role of a polymer chain limiter.

Oligoalkyl aromatic hydrocarbons suitable as synthetic oils, components of mineral oils and raw materials for the synthesis of polyfunctional additives were obtained by this method [13,14]. The compounds obtained consist mainly of alkylation products of toluene with olefin oligomers. In this case, the formation of all isomers of toluene is theoretically possible; however, 1,2-, 1,4- and 1,2,4-substituted benzenes are predominantly formed.

Relatively low molecular weight oligomers can be synthesized by double co-oligomerization of α -olefins with dicyclopentadiene, indene and styrene [15,16]. These comonomers also play the role of limiting the polymer chain. By changing their number, you can adjust the molecular weight, and therefore the kinematic viscosity of the

resulting cooligomers. When oligomerizing α -olefins using aromatic hydrocarbons, it is possible to obtain synthetic oils of very low unsaturation. This allows us to exclude from the scheme the stage of hydrogenation, i.e. simplify the process.

A polyfunctional dioligoalkylthiophosphinate type additive based on isobutylene iso-butylene co-oligomer has been developed at the Institute of Chemicals of the Academy of Sciences of Azerbaijan [17]. The problem of its production consisted in the formation of oil-soluble polystyrene during the synthesis of the cooligomer, which makes it difficult to introduce the required amount of styrene units into the co-oligomer and separate the homopolymer from the target product.

This problem can be avoided if oligoalkyl aromatic hydrocarbons obtained by oligomerization of α -olefins C_6 in a solvent medium containing toluene are used instead of this cooligomer [18].

There is a way to obtain a multifunctional lubricant additive for the interaction of alkylphenol with calcium hydroxide with a hydrocarbon solvent in the presence of ethylene glycol and water [19]. The subsequent treatment of calcium alkylphenolate formed with carbon dioxide and the subsequent sulfidation of the obtained

product with elemental sulfur in the presence of calcium hydroxide and ethylene glycol is characterized in that the process at the first stage of the reaction of alkylphenol with the number of carbon atoms in the alkyl radical 8-18 and ethylene glycol with calcium hydroxide in a hydrocarbon solvent at a temperature 70-1200C, and in the second stage - processing of the obtained calcium mixed salt of alkylphenol and ethylene glycol with alkylphenol, having from 4 to 40 carbon atoms in the alkyl radical, at a temperature of 140-250⁰C.

There is a technology for producing aviation oils, based on the oligomerization of the C_8 - C_{10} and C_6 - C_{12} fractions of higher α -olefins, rectification and hydrogenation. The resulting oils have good thermal-oxidative stability, viscosity-temperature and low-temperature properties [20].

Conclusion. Thus, using oligoaromatic hydrocarbons for the synthesis of polyfunctional additives, it is possible not only to solve the existing problem, but also to improve the viscosity-temperature properties of oils. By changing the conditions of oligomerization, it is possible to obtain viscous additives and synthetic components for petroleum oils, synthetic base oils and feedstock for the synthesis of additives, that is, to carry out the directed synthesis of oligomers with desired operational properties.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ахмедов А.И. Олигомеры на основе α – олефинов C_6 как сырье для присадок. //Химия и технология топлив и масел. – 2002. -№3. - С. 35-37.
- [2] Ахмедов А.И., Фарзалиев В.М., Алигулиев Р.М. Полимерные присадки и масла. //Баку. - 2003. - 175 с.
- [3] Пат. 2193922 Россия.- 2001.
- [4] Гайдукова О.С., Ионова Е.И., Ляпков А.А. Соолигомеризация фракции C_9 на комплексном катализаторе // Материаловедение, технологии и экология в 3-м тысячелетии: Материалы 4 всероссийский конференции молодых ученых, Томск, 19-21 окт., 2009. Томск: ИОА СО РАН. 2009, с. 501-503, 2 ил., 1 табл.
- [5] Khanmetov A.A. (Azerbaijan NAS the Y.N.Mamedaliyev Institute of Petrochemical Processes, Baku). Selective oligomerization of ethylene in the narrow fractions of linear α -olefins in the presence of complex organometallic catalysts. // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. -2007. -№ 4. - С. 37-67, 106-107.
- [6] Mantilla Angeles, Tzompantzi Francisco, Ferrat Gerardo, Lopez-Islas Emma, Gomez Ricardo, Torres Miguel. Room temperature olefins oligomerization over sulfated titania. // Chem. Commun. 2004, № 13, с. 1498-1499.
- [7] Пат: 6743960 США.-2001.
- [8] Белоклокова Т.М. Совершенствование процесса и катализатора олигомеризации газов нефтепереработки. // Уфим.гос.техн.ун-т. –Уфа. -2001. -24 с.
- [9] Liu Xue-nuan, Teng Wo-tao, Duan Hong-ling. Моделирование олигомеризации изобутена в реакторах с закрепленным слоем катализатора. // Huaxue fanying gongcheng yu gongyi = Chem. React. Eng. and Technol. 2002. 18, № 3, с. 279-283, 288.
- [10] Пат. 2255081 Россия, 2007.

- [11] Пат. 7300904 США.-2001.
[12] Пат. 2194691 Россия.-2002.
[13] Ахмедов А.И. Олигомеры на основе α -олефинов C_6 как сырье для присадок и масел. // Химия и технология топлив и масел. -2002. -№ 3. -С. 35-37.
[14] Котов С.В., Моисеев И.К., Шабанова А.В. Олигомеры олефинов: способы получения и применение в качестве компонентов топлив и масел: Обзор. // Нефтехимия. -2003. -№ 5. -С. 323-333.
[15] Пат. 6534691 США.-2007.
[16] Пат. 2427563 Россия. -2006.
[17] Пат. 6670302 США. -2008.
[18] Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. –Л., Химия. -2001. -312 с.
[19] Пат. 95031359 Украина. -2000.
[20] Гусейнова Г.А. Получение авиационных масел высших α -олефинов // Химия и технол. топлив и масел. -2003, 2005. -№5. -С. 11-12.

REFERENCES

- [1] Ahmedov A.I. *Oligomers based on α - olefins C_6 as feedstock for additives.* // Chemistry and technology of fuels and oils. 2002. 3. - P. 35-37.
[2] Akhmedov A.I., Farzaliev V.M., Aliguliyev R.M. *Polymer additives and oils.* //Baku. 2003. -175 p.
[3] Pat. 2193922 Russia. - 2001.
[4] Gaydukova OS, Ionova E.I., Lyapkov A.A. *Cooligomerization of the C_9 fraction on the complex catalyst* // Materials Science, Technology and Ecology in the 3rd millennium: Proceedings of the 4th All-Russian Conference of Young Scientists, Tomsk, October 19-21, 2009. Tomsk: IAO SB RAS. 2009, p. 501-503, 2 ill., 1 tab.
[5] Khanmetov A.A. (Azerbaijan NAS the Y.H. Mamedaliyev Institute of Petrochemical Processes, Baku). *Selective oligomerization of ethylene in the linear fractions of linear α -olefins in the presence of complex organometallic catalysts.* // Processes of petrochemistry and oil refining. 2007. 4. - P. 37-67, 106-107.
[6] Mantilla Angeles, Tzompantzi Francisco, Ferrat Gerardo, Lopez-Islas Emma, Gomez Ricardo, Torres Miguel. *Room temperature olefins oligomerization over sulfated titania.* // Chem. Commun. 2004. 13. P. 1498-1499.
[7] Pat: 6743960 USA.-2001.
[8] Beloklokova T.M. *Improvement of the process and catalyst for refining gas oligomerization.* // Ufim.gos.tehn.un-t. –Ufa. 2001. -24 p.
[9] Liu Xue-nuan, Teng Bo-tao, Duan Hong-ling. *Simulation of isobutene oligomerization in reactors with a fixed catalyst bed.* // Huaxue fanying gongcheng yu gongyi = Chem. React. Eng. and Technol. 2002. 3. p. 279-283, 288.
[10] Pat. 2255081 Russia, 2007.
[11] Pat. 7,300,904 US.-2001.
[12] Pat. 2194691 Russia. -2002.
[13] Ahmedov A.I. *Oligomers based on α -olefins C_6 as raw materials for additives and oils.* // Chemistry and technology of fuels and oils. 2002. 3. -P. 35-37.
[14] Kotov S.V., Moiseev I.K., Shabanova A.V. *Olefin oligomers: production methods and use as components of fuels and oils: Overview.* // Petrochemistry. 2003. 5. -P. 323-333.
[15] Pat. 6534691 United States.-2007.
[16] Pat. 2427563 Russia. -2006.
[17] Pat. 6670302 United States. -2008.
[18] Kuliev A.M. *Chemistry and technology of additives to oils and fuels.* –L., Chemistry. 2001. -312 p.
[19] Pat. 95031359 Ukraine. 2000.
[20] Huseynova G.A. *Obtaining aviation oils of higher α -olefins* // Chemistry and Technol. fuels and oils. -2003, 2005. 5. -P. 11-12.

ОЛИГОМЕРЫ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРИСАДОК И МАСЕЛ

Мельдешов Амангелди Абдихаликович, доктор химических наук, профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, a.meldeshov@mail.ru.

Берсембаева Самал Кайратовна, лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, b.samal77@mail.ru

Аннотация. В современных технологиях получения олигомеров используются традиционные катализаторы, такие как минеральные и органические кислоты, а также металлоорганические катализаторы. Но эти катализаторы приводят к многостадийности процессов, образованию большого количества отходов и побочных продуктов. Поэтому необходимы

экологически безопасные способы получения олигомеров с использованием гетерогенных катализаторов. В связи с этим, обобщены результаты исследований последних лет в области каталитической олигомеризации высших линейных α -олефинов в присутствии различных алкенаароматических, карбоциклических и других соединений. Приведены преимущества и недостатки известных технологий получения олигомеров.

Ключевые слова: олигомеризация, олигомеры, высшие альфаолефины, катализаторы, смазочные масла, присадки, полимеры, цеолиты, дизельные топлива.

ОЛИГОМЕРЛЕР ЖАҒАРМАЙЛАР ЖӘНЕ ЖАНАР МАЙЛАР ҮШІН ҚОСПАЛАРҒА ҚАЖЕТТІ ШИКІЗАТ

Мельдешов Амангелди Абдихаликович, химия ғылымдарының докторы, профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, a.meldeshov@mail.ru.

Берсембаева Самал Кайратовна, лектор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан, b.samal77@mail.ru

Андатпа. Қазіргі таңда олигомерлерді алу технологияларында дәстүрлі катализаторлар қолданылады, яғни минеральды және органикалық қышқылдар, сонымен қатар металлоорганикалық катализаторлар. Бірақ бұл катализаторлар процестің көп сатылығына, көп мөлшерде қалдықтар мен қосымша өнімдердің түзілуіне әкеліп соғады. Сондықтан, олигомерлерді гетерогенді катализаторлар қолдана отырып экологиялық қауіпсіз алу әдістері қажет. Осыған байланысты, соңғы жылдардағы, әр түрлі алкенаароматикалық, карбоцикльді және де басқа қосылыстар қатысында жүретін жоғарғы түзу сызықты α -олефиндерді каталитикалық олигомерлеу барысындағы зерттеу нәтижелері жинақталып, олигомерлерді алудағы белгілі технологиялардың артықшылығы мен кемшіліктері келтірілген.

Түйінді сөздер: олигомерлеу, олигомерлер, жоғарғы альфаолефиндер, катализаторлар, жағар майлар, қоспалар, полимерлер, цеолиттер, дизельдік жанар май

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 109-115

INDICATORS OF DYNAMIC INTERACTION BETWEEN THE ROAD AND FREIGHT WAGONS WITH HIGH AXIAL LOAD

Tokmurzina-Kobernyak Natalya, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; natalitokmur@mail.ru;

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

Makhanova Aizhan, lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; maxanova.2012@mail.ru.

Abstract: One of the priority tasks of the development of the joint-stock company “NC“ KTZ ”is to increase the weight standards of freight trains by 30%. The introduction of freight cars with increased axial load will allow us to solve the problem without additional investment in infrastructure development. Currently, freight wagons with carts of various models are operated in the Republic of Kazakhstan. The main models are: models 18-100, 18-9810 (BARBER) with an axial load of 23.5 t / axle, models 18-194-1 (Uralvagonzavod), 18-9996 (ZK1) with an axial load of 25 t / axle. For these models, the article performed the calculations of the following indicators of the dynamic interaction of the track and the cars: the coefficient of vertical dynamics; dynamic maximum wheel load on the rail; bending moment in rails; maximum rail deflection. The calculation was made for track structures: P65 rail, wooden sleepers, laying plot 2000 pcs / km, ballast - crushed stone. The safety of carriage movement and the smoothness of its movement along roughnesses of the track are estimated by the coefficients of vertical dynamics, which for freight cars should not exceed $k_d = 0.65$. The analysis of the calculation results showed: 1) the interaction indicators of the track and freight cars with bogies of models 18-100, 18-9810, 18-194-1 and 18-9996 are within the permissible norms; 2) the trolley of model 18-9996 has the most negative impact on the path compared to the trollleys of models 18-100, 18-9810, 18-194-1; 3) the trolley model 18-194-1 has the best indicators of the interaction of the track and the car; 4) the magnitude of the bending moment and the deflection of the rail is significantly affected by the characteristics of spring suspension, the mass of the trolley and non-sprung parts of the car, as well as the speed of the car.

Keywords: dynamics, freight car, railway track, axial load, traffic safety.

УДК 629.4.027.2

Н.А. Токмурзина-Коберняк¹, Н.В. Ивановцева¹, А.К. Маханова¹

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

ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ

Аннотация. Одной из приоритетных задач развития акционерного общества «НК «ҚТЖ» является повышение весовых норм грузовых поездов на 30 %. Внедрение грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой позволит решить поставленную задачу без дополнительных вложений в развитие инфраструктуры. В настоящее время в Республике Казахстан эксплуатируются грузовые вагоны с тележками различных моделей. Основными моделями являются: модели 18-100, 18-9810 (BARBER) с осевой нагрузкой 23,5 т/ось, модели 18-194-1 (Уралвагонзавод), 18-9996 (ZK1) с осевой нагрузкой 25 т/ось. Для данных моделей в статье выполнены расчёты следующих показателей динамического взаимодействия пути и вагонов: коэффициент вертикальной динамики; динамическая максимальная нагрузка от колеса на рельс; изгибающий момент в рельсах; максимальный прогиб рельса. Анализ результатов расчётов показал: 1) показатели взаимодействия пути и грузовых вагонов с тележками моделей 18-100, 18-9810, 18-194-1 и 18-9996 лежат в

пределах допустимых норм; 2) тележка модели 18-9996 оказывает наиболее негативное воздействие на путь по сравнению с тележками моделей 18-100, 18-9810, 18-194-1; 3) лучшие показатели взаимодействия пути и вагона имеет тележка модели 18-194-1; 4) на величину изгибающего момента и прогиба рельса существенное влияние оказывает характеристика рессорного подвешивания, масса тележки и необрессоренных частей вагона, а также скорость движения вагона.

Ключевые слова: динамика, грузовой вагон, железнодорожный путь, осевая нагрузка, безопасность движения.

Для развития тяжеловесного движения необходимо использовать инновационные вагоны с повышенной грузоподъемностью. Исходя из 15-летнего опыта внедрения тяжеловесного движения в Америке, наибольший экономический эффект дало применение улучшенных трехэлементных тележек грузовых вагонов [1].

В настоящее время созданием тележек с повышенной осевой нагрузкой занимаются многие вагоностроительные предприятия: ФГПУ «ПО «Уралвагонзавод», ВНИКТИ, ПГУПС и другие.

В настоящее время в Республике Казахстан эксплуатируются грузовые вагоны с тележками различных моделей. Основными моделями являются: модели 18-100, 18-9810 (BARBER) с осевой нагрузкой 23,5 т/ось, модели 18-194-1 (Уралвагонзавод), 18-9996 (ZK1) с осевой нагрузкой 25 т/ось. Особенности конструкции этих вагонов рассмотрены в [2,3].

С целью сравнительного анализа показателей динамического взаимодействия пути и вагонов был произведен расчет следующих показателей:

- коэффициент вертикальной динамики;
- динамическая максимальная нагрузка от колеса на рельс;
- изгибающий момент в рельсах;
- максимальный прогиб рельса.

Расчет производился для конструкций пути: рельс Р65, деревянные шпалы, эпюра укладки 2000 шт./км, балласт – щебень.

Безопасность движения вагона и плавность его движения по неровностям пути оцениваются коэффициентами вертикальной динамики, который для

грузовых вагонов не должен превышать $k_d = 0,65$.

Значение k_d определяется по формуле [4]:

$$k_d = 0,1 + 0,2 \frac{V}{f_{ст}} \quad (1)$$

где V - скорость движения, км/ч;
 $f_{ст}$ - статический прогиб рессорного подвешивания, мм.

Результаты расчёта зависимости коэффициента вертикальной динамики от скорости движения для представленных моделей тележек (18-100, 18-9810 (BARBER) с осевой нагрузкой 23,5 т/ось, модели 18-194-1 (Уралвагонзавод), 18-9996 (ZK1) с осевой нагрузкой 25 т/ось.) отражены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, все вагоны отвечают требованиям ГОСТ по величине допускаемого коэффициента вертикальной динамики, однако у вагонов моделей 18-194-1 и 18-9996 (с осевой нагрузкой 25 т) данный показатель меньше по сравнению с вагонами, имеющими осевую нагрузку 23,5 т. Объясняется это явление, улучшенными характеристиками рессорного подвешивания.

Вертикальная динамическая нагрузка $P_{ср}$ возникает при движении вагона по рельсовому пути вследствие ускорения массы вагона и груза при колебаниях на рессорах и прохождении неровностей пути. Она определяется умножением статической нагрузки на коэффициент вертикальной динамики.

Динамическая максимальная нагрузка от колеса на рельс определяется по формуле [4]:

$$P_{дин}^{max} = P_{ср} + \lambda S, \text{ кг} \quad (2)$$

где $P_{ср}$ - среднее значение вертикальной нагрузки колеса на рельс, кг;

S - среднее квадратическое отклонение динамической вертикальной нагрузки колеса на рельс, кг;

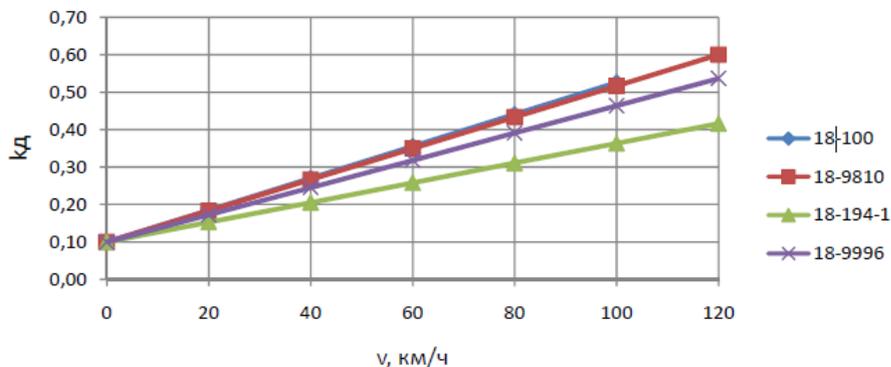


Рис. 1 – Коэффициент вертикальной динамики грузовых вагонов
 Fig. 1 – Coefficient of vertical dynamics of freight cars

$\lambda = 2,5$ нормирующий множитель, определяющий вероятность события, т.е. появления максимальной динамической вертикальной нагрузки.

Среднее значение вертикальной нагрузки колеса на рельс определяется по формуле:

$$P_{ср} = P_{ст} + P_p^{ср}, \text{ кг} \quad (3)$$

где $P_{ст}$ - статическая нагрузка колеса на рельс, кг;

$P_p^{ср}$ - среднее значение динамической нагрузки колеса на рельс от вертикальных колебаний надрессорного строения экипажа, кг.

$$P_p^{ср} = 0,75 P_p^{max}, \text{ кг} \quad (4)$$

где P_p^{max} - динамическая максимальная нагрузка колеса на рельс от вертикальных колебаний надрессорного строения, кг.

Динамическая максимальная нагрузка колеса на рельс от вертикальных колебаний надрессорного строения P_p^{max} определяется по формуле:

$$P_p^{max} = k_d (P_{ст} - q), \text{ кг} \quad (5)$$

где q - отнесенный к колесу вес необрессоренных частей, кг;

k_d - коэффициент вертикальной динамики.

Расчет максимальной динамической нагрузки (формула 2) произведен с помощью приложения Excel и приведен на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, на величину динамической нагрузки влияет скорость движения. С увеличением скорости движения от 20 до 100 км нагрузка от колеса на рельс увеличивается почти в 1,5-2 раза. Также увеличение веса необрессоренных частей вагона приводит к увеличению динамической нагрузки.

При расчете рельса, как балки на сплошном упругом основании система сосредоточенных колесных нагрузок (рисунок 3) заменяется эквивалентными одиночными нагрузками, соответственно при определении изгибающих моментов и напряжений в рельсах с помощью функции μ и при определении нагрузок и прогибов с помощью функции

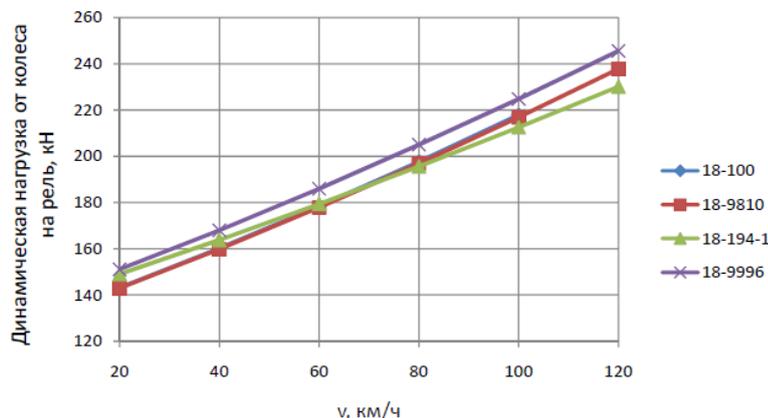


Рис. 2 – Динамическая максимальная нагрузка от колеса на рельс
 Fig. 2 – Dynamic maximum wheel load on a rail

Поскольку в силу случайной природы вероятный максимум динамической нагрузки расчетного колеса не совпадает с вероятным максимумом нагрузок соседних колес, то при определении эквивалентных нагрузок принимается максимальная вероятная нагрузка расчетного колеса и среднее значение нагрузок соседних колес.

Максимальная эквивалентная нагрузка для расчетов напряжений в рельсах от изгиба и кручения определяется по формуле:

$$P_{\text{ЭКВ}}^I = P_{\text{ДИН}}^{\text{max}} + \sum \mu_i P_{\text{CP } i}, \text{ кг} \quad (6)$$

где μ_i - ординаты линии влияния изгибающих моментов рельса в сечениях пути, расположенных под колесными нагрузками от осей экипажа, смежных с расчетной осью (рисунок 3).

Величина ординаты μ_i может быть определена по формуле:

$$\mu_i = e^{-kl_i}(\cos kl_i - \sin kl_i), \quad (7)$$

где $k=0,01$ - коэффициент относительной жесткости рельсового основания и рельса, см^{-1} ;

$l_i=185$ см - расстояние между центром оси расчетного колеса и колеса i -той оси, смежной с расчетной [4];

e - основание натуральных логарифмов ($e = 2,72828\dots$).

Максимальная эквивалентная нагрузка для расчетов напряжений и сил в элементах подрельсового основания определяется по формуле:

$$P_{\text{ЭКВ}}^{II} = P_{\text{ДИН}}^{\text{max}} + \sum \eta_i P_{\text{CP } i}, \text{ кг} \quad (8)$$

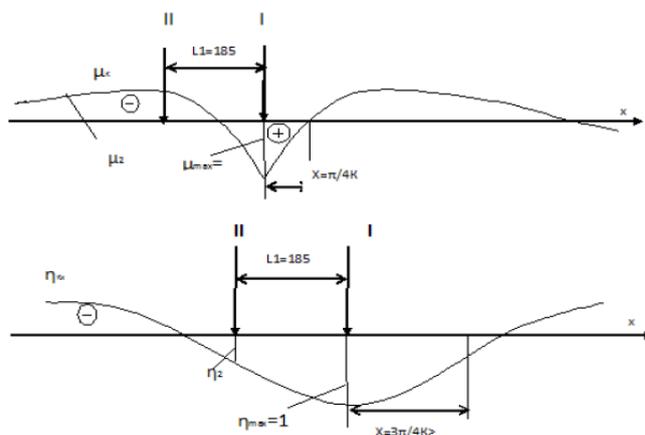


Рис. 3 – Линии влияния прогибов η (X) и моментов μ (x) от действия колесной нагрузки
 Fig. 3 – Lines of influence of deflections η (X) and moments μ (x) from the action of the wheel load

На рисунке 4 η_i - ординаты линии влияния прогибов рельса в сечениях пути, расположенных под колесными нагрузками от осей экипажа, смежных с расчетной осью:

$$\eta_i = e^{-kl_i}(\cos kl_i - \sin kl_i), \quad (9)$$

Изгибающий момент в рельсах от воздействия эквивалентной нагрузки [4]:

$$M = \frac{P_{\text{ЭКВ}}^1}{4k} \quad (10)$$

где $P_{\text{ЭКВ}}^1$ - максимальная эквивалентная нагрузка для расчетов напряжений в рельсах от изгиба и кручения, кг.

Максимальная нагрузка на шпалу

$$Q = \frac{kl_{\text{ш}}}{2} P_{\text{ЭКВ}}^{II}, \text{ мм} \quad (11)$$

где $l_{\text{ш}} = 55$ - расстояние между осями шпал, см;

$P_{\text{ЭКВ}}^{II}$ - максимальная эквивалентная нагрузка для расчетов напряжений и сил в элементах подрельсового основания, кг.

Максимальный прогиб рельса

$$y = \frac{k}{2U} P_{\text{ЭКВ}}^{II}, \text{ мм} \quad (12)$$

где $U = 270$ - модуль упругости рельсового основания, кг/см².

На рисунках 4-6 приведены результаты расчета изгибающего момента в рельсе, нагрузки на шпалу и прогиба рельса от вагонов с различной осевой нагрузкой.

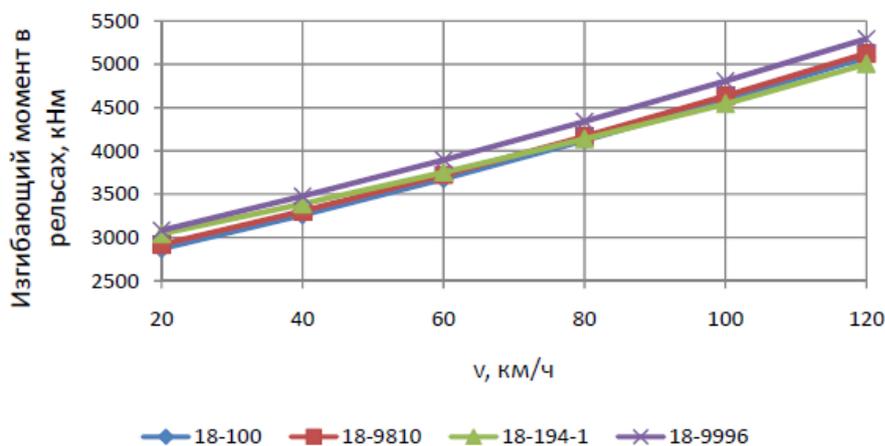


Рис.4 – Изгибающий момент в рельсах

Fig. 4 – Bending moment in rails

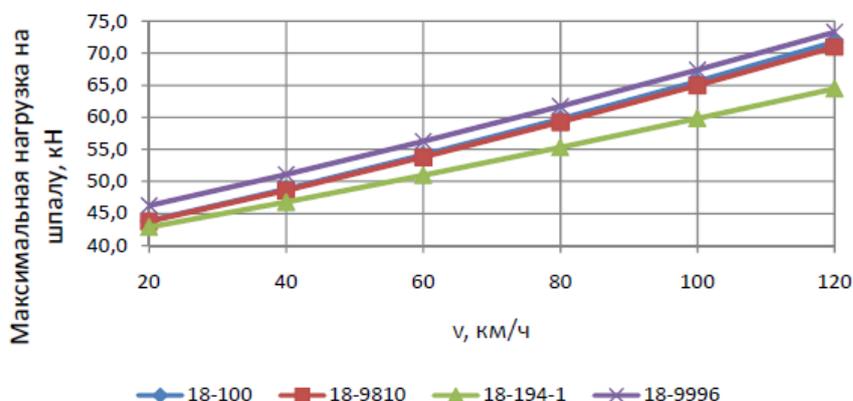


Рис. 5 – Максимальная нагрузка на шпалу

Fig. 5 – Maximum load on the sleepers

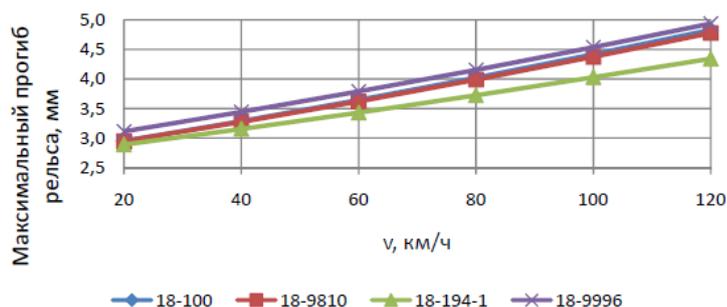


Рис. 6 – Максимальный прогиб рельса
 Fig. 6 – Maximum rail deflection

Анализ рисунков 4-6 показал, что тележки модели 18-194-1 оказывают наиболее благоприятное воздействие на путь во всем диапазоне скоростей, тележки модели 18-9996 имеют худшие показатели взаимодействия пути и подвижного состава. Худшие показатели взаимодействия пути и тележки модели 18-9996 объясняются тем, что тележка имеет большую на 7,5 % массу по сравнению с другими тележками, а также больший необрессоренный вес.

Выводы.

Согласно проведенным расчетам установлено:

1) показатели взаимодействия пути и грузовых вагонов с тележками моделей 18-

100, 18-9810, 18-194-1 и 18-9996 лежат в пределах допустимых норм;

2) тележка модели 18-9996 оказывает наиболее негативное воздействие на путь по сравнению с тележками моделей 18-100, 18-9810, 18-194-1;

3) лучшие показатели взаимодействия пути и вагона имеет тележка модели 18-194-1;

4) на величину изгибающего момента и прогиба рельса существенное влияние оказывает характеристика рессорного подвешивания, масса тележки и необрессоренных частей вагона, а также скорость движения вагона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беседин И.С., Мугинштейн Л.А., Захаров С.М. Развитие тяжеловесного движения на железных дорогах мира. // Журнал «Железные дороги мира», 2006. – № 9. – С. 39-48.
- [2] Орлова А.М. Влияние конструктивных схем и параметров тележек на устойчивость, ходовые качества и нагруженность грузовых вагонов: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. – Санкт-Петербург: СПГУПС, 2008. – 32 с.
- [3] Токмурзина Н.А., Ивановцева Н.В., Токмурзин Т.А. Особенности конструкции и установление допустимых скоростей движения полувагона модели 12-9920 (на тележках ZK1) // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль транспортной науки и образования в реализации пяти институциональных реформ», посвященной Плану нации «100 конкретных шагов», 27-28 апреля 2016. – Алматы: КазАТК. – С. 48-57.
- [4] Методика оценки воздействия подвижного состава на путь по условию обеспечения его надежности, утвержденная вице-президентом закрытого акционерного общества «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» (далее - ЗАО «НК «КТЖ») от 15 июня 2004 года № ЦП-52/14/189/04.

REFERENCES

- [1] Besedin I.S., Muginshtejn L.A., Zaharov S.M. Razvitie tyazhelovesnogo dvizheniya na zheleznyh dorogah mira. // Zhurnal «Zheleznye dorogi mira» [in Russian: Besedin I.S., Muginshtejn L.A., Zakharov S.M. The development of heavy traffic on the railways of the world. // Magazine "Railways of the world"]. 2006. № 9. p. 39-48.
- [2] Orlova A.M. Vlianie konstruktivnyh shem i parametrov telejek na ustoichivost, hodovye kachestva i nagrujennost' gruzovyh vagonov: avtoreferat na soiskanie uchenoi stepeni doktora tehnikeskikh nauk [in Russian: Impact of design schemes and parameters of bogies on stability, running qualities and loading of freight cars]. St. Petersburg: SPGUPS, 2008. 32 p.
- [3] Tokmurzina N.A., Ivanovceva N.V., Tokmurzin T.A. Osobennosti konstrukcii i ustanovlenie dopustimyx skorostej dvizheniya poluvagona modeli 12-9920 (na telezhkax ZK1) // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-

prakticheskoy konferencii «Rol transportnoj nauki i obrazovaniya v realizacii pyati institucionalnyx reform», posvyashhennoj planu natsii «100 konkretnyx shagov», 27-28 aprelya 2016. [in Russian: Tokmurzina N.A., Ivanovtseva N.V., Tokmurzin T.A. Design features and the establishment of permissible gondola car speeds of model 12-9920 (on ZK1 trolleys) // Materials of the International Scientific and Practical Conference “The Role of Transport Science and Education in the Implementation of Five Institutional Reforms” dedicated to the Plan of the Nation “100 Concrete Steps”, 27-28 April 2016.]. Almaty, KazATC Publ., p. 48-57.

- [4] *The methodology for assessing the impact of rolling stock on the track under the condition of ensuring its reliability, approved by the vice-president of the closed joint-stock company “National Company“ Kazakhstan Temir Zholy ”(hereinafter - “ NC “KTZ” CJSC) dated June 15, 2004 No. ЦП-52/14 / 189/04 [in Russian: The methodology for assessing the impact of rolling stock on the track under the condition of ensuring its reliability, approved by the vice-president of the closed joint-stock company “National Company“ Kazakhstan Temir Zholy ”(hereinafter -“ NC “KTZ” CJSC) dated June 15, 2004 No. ЦП-52/14 / 189/04].*

ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ

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;

Маханова Айжан Курпешовна – магистрант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; d.pya@kazatk.kz.

ЖОҒАРЫ ОСЬТІК ЖҮКТЕМЕСІ БАР ЖОЛ МЕН ЖҮК ВАГОНДАРЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна – т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; natalitokmur@mail.ru;

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

Маханова Айжан Курпешовна – магистрант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; d.pya@kazatk.kz.

Аңдатпа: «ҚТЖ» ҰК» акционерлік қоғамын дамытудың басым міндеттерінің бірі - жүк поездарының салмақтық нормалары 30%-ға арттыру болып табылады. Жоғары осьтік жүктемесі бар жүк вагондарын енгізу қойылған міндетті инфрақұрылымды дамытуға қосымша салымдарсыз шешуге мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында түрлі үлгідегі арбалары бар жүк вагондары пайдаланылуда. Негізгі модельдер: остік жүктемесі 23,5 т/ось 18-100, 18-9810 (BARBER) модельдері; остік жүктемесі 25 т/ось 18-194-1 (Уралвагонзауыт), 18-9996 (ZK1) моделдері. Осы модельдер үшін мақалада жолдар мен вагондардың динамикалық өзара әрекеттесуінің келесі көрсеткіштерінің есептеулері орындалған: вертикальды динамика коэффициенті; доңғалақтан рельске динамикалық ең жоғары жүктеме; рельстердегі иілу моменті; рельстің ең жоғары майысуы. Есептеу нәтижелерін талдау мыналарды көрсетті: 1) 18-100, 18-9810, 18-194-1 және 18-9996 модельді арбалармен жол мен жүк вагондарының өзара әрекеттесу көрсеткіштері жол берілетін нормалар шегінде жатыр; 2) 18-9996 модельді арбашасы 18-100, 18-9810, 18-194-1 модельді арбашалармен салыстырғанда жолға аса теріс әсер етеді; 3) жол мен вагонның өзара әрекеттесуінің жақсы көрсеткіштеріне 18-194-1 модельді арбашасы ие болады.; 4) рельстің иілу моментіне және майысу шамасына рессорлық ілудің сипаттамасы, арбаның және вагонның сығымдалмаған бөліктерінің массасы, сондай-ақ вагонның қозғалыс жылдамдығы айтарлықтай әсер етеді.

Түйінді сөздер: динамика, жүк вагоны, теміржол жолы, осьтік жүктеме, қозғалыс қауіпсіздігі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 116-126

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF HEAVY TRAFFIC IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Tokmurzina-Kobernyak Natalya, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; natalitokmur@mail.ru;

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

Pyа Dmitry, Cand.Sci.(Eng.), Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

Abstract: The article considers prospects of heavy traffic introduction in the Republic of Kazakhstan. Driving heavy and long trains is an effective way to increase the capacity and carrying capacity of railway lines, reduce the working fleet of locomotives and cars, and energy costs. Therefore, the standards of mass and composition of freight trains are the most important indicators that largely determine the operation of railways.

Increasing axial loads, on the one hand, is an effective means of increasing carrying capacity, on the other hand, leads to an increase in the intensity of accumulation of residual deformations in the path.

The creation of innovative rolling stock with improved dynamic parameters of the crew part made it possible to return to the problem of increasing axial loads of freight cars. The fact remains that the increase in axial loads should be carried out against the background of modernization of both rolling stock and track design.

The article in order to evaluate the possibility of increasing the weight of the freight train on the electrified section Pavlodar - Ekibastuz - Astana calculated the weight of the train based on the full use of the power of the locomotive KZ8A, as well as calculated the technical and economic indicators of the use of cars on the example of three models of gondola cars operated on the railways of the Republic of Kazakhstan: models 12-753 (UralVV), MODELS 12-99 The results of calculations show the possibility and efficiency of heavy traffic implementation in the considered area. For example, the increase in carrying capacity in Astana-Pavlodar section will allow to get an increase in cargo turnover of 24 -27% of the existing (at a weight norm of 7000-7200 tons).

For the organization of heavy traffic in Kazakhstan there is a corresponding rolling stock: powerful electric locomotives of the KZ8A series and cargo gondola cars of the model 12-9920 with an axial load of 25 tons/axle.

Keywords: rolling stock, cargo wagon, axial load, weight norms, heavy traffic.

УДК 629.4.012

Н.А. Токмурзина-Коберняк¹, Н.В. Ивановцева¹, Д.Р. Пя¹

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы ввода тяжеловесного движения в Республике Казахстан. Вождение тяжеловесных и длинносоставных поездов является эффективным способом увеличения пропускной и провозной способностей железнодорожных линий, снижения рабочего парка локомотивов и вагонов, энергетических расходов. Поэтому нормы массы и величины состава грузовых поездов являются важнейшими показателями, во многом определяющими эксплуатационную деятельность железных дорог. В статье для обоснования возможности повышения массы грузового поезда на электрифицированном участке Павлодар - Екибастуз – Астана выполнен расчет массы состава исходя из полного использования мощности локомотива KZ8A, а также выполнен расчёт технико-экономических показателей использования вагонов на примере трёх моделей полувагонов эксплуатируемых на железных дорогах

Республики Казахстан: модели 12-753 (Уралвагонзавод), модели 12-9941 (КВК, РК), модели 12-9920 (КНР). Результаты расчётов свидетельствуют о возможности и эффективности внедрения тяжеловесного движения на рассматриваемом участке. Так, например, повышение провозной способности на участке Астана-Павлодар позволит получить прирост грузооборота 24-27% от существующего (при весовой норме 7000-7200 т).

Ключевые слова: подвижной состав, грузовой вагон, осевая нагрузка, весовые нормы, тяжеловесное движение.

В мире накоплен большой опыт эксплуатации тяжеловесных поездов. Лидерами в этом направлении являются железные дороги Австралии, Бразилии, Индии, Канады, Китая, России, США, Швеции, Южной Африки (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Показатели работы железнодорожных линий с тяжеловесным движением [1]

Table 1 – Performance of heavy-duty railway lines [1]

Страна	Железная дорога	Тип движения на линиях	Длина, км	Масса поезда, т	Осевая нагрузка, т/ось
Австралия	ВНР Ю	Специализированное	426	48000	37,5
Австралия	QR	Смешанное	117	5130	26
Бразилия	CVRD	Специализированное	900	12400	31
Китай	Национальные железные дороги	Смешанное	650	8330	25
Индия	IR	Смешанное	415	5060	21,8
Россия	РЖД	Смешанное	5900	6300	25
США	UP	Специализированное	201	16460	32,4
Швеция	LCAD	Специализированное	210	8500	31
Южная Африка	Spoornet	Специализированное	864	24500	30

Как видно из таблицы 1, при смешанном движении тяжеловесные поезда следуют со сравнительно небольшими осевыми нагрузками, не превышающими 26 т/ось. При более высоких осевых нагрузках используются специализированные линии.

Самые тяжеловесные поезда эксплуатируются на участке Ньюман и Порт-Хендленд (Австралия). Также на этом же участке в 2001 г. был поставлен рекорд - провезен поезд массой 99 000 т, в нем было 682 вагона, а общая его протяженность составила 7,5 км.

Технологию тяжеловесного движения наиболее эффективно применять для перевозки массовых грузов: угля, руды и пр. Эта технология позволяет существенно снизить себестоимость перевозок и одновременно решить

проблему пропускной и провозной способности. Учитывая сырьевую направленность экономики Казахстана, введение тяжеловесного движения на некоторых маршрутах является весьма актуальным решением.

Наиболее перспективными для ввода тяжеловесного движения в Казахстане являются направления доставки угля из Екибастуза по маршрутам Екибастуз - Петропавловск; Екибастуз - Караганда; Екибастуз - Золотая Сопка (Российская Федерация).

На рисунке 1 представлены действующие унифицированные весовые нормы грузовых поездов в направлении Екибастуз - Золотая Сопка. На этом участке применяется тепловозная (Костанай - Золотая Сопка) и электровозная тяга (Екибастуз - Костанай).

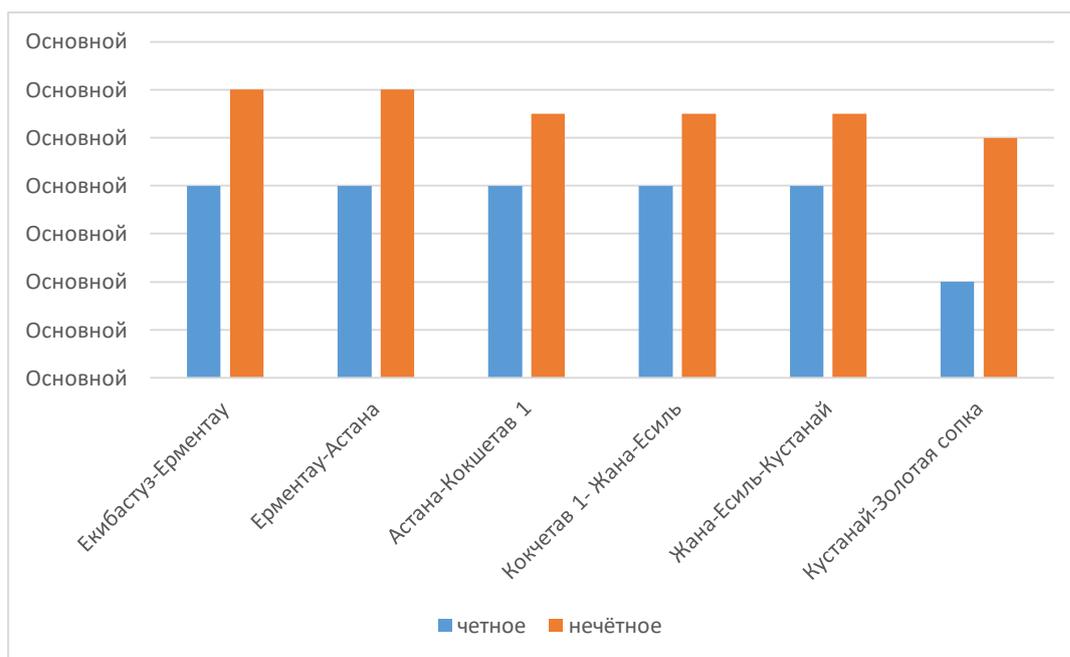


Рис. 1 – Унифицированные весовые нормы грузовых поездов в направлении
 Екибастуз - Золотая Сопка

Fig. 1 – Unified weight standards for freight trains in the direction Ekibastuz - Zolotaya Sopka

На рассматриваемых участках масса грузовых поездов ограничивается длиной поезда по условию свободной установки на станционных путях (максимальное количество вагонов в составе - 71 условный вагон), что соответствует длине приемно-отправочных путей равной 1050 м.

Тяговое обеспечение. В настоящее время в Казахстане введен в эксплуатацию электровоз КЗ8А, обладающий мощностью 8800 кВт.

Рассмотрим возможность повышения массы грузового поезда на электрифицированном участке Екибастуз – Костанай, исходя из полного использования мощности локомотива (рисунок 2). При этом расчетная масса состава определяется по формуле [2]:

$$w'_0 = 0,0001(65P + Pv + 3v^2) + 13n \quad (2)$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{3 + 0,09 * v + 0,002 * v^2}{q_0}, \quad (3)$$

где v – расчетная скорость движения локомотива, км/ч; n - количество осей

$$Q = \frac{F_k - (w'_0 + i) * P * g}{(w''_0 + i) * g}, \quad \text{т} \quad (1)$$

где F_k - расчетная сила тяги локомотива, Н; P - масса электровоза, т; i_p - крутизна расчетного подъема, ‰; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; w'_0 и w''_0 - удельное сопротивление движению соответственно локомотива и четырехосного вагона на подшипниках качения.

Величины w'_0 и w''_0 определяются для расчетной скорости по формулам:

локомотива; q_0 - осевая нагрузка вагона, т/ось.

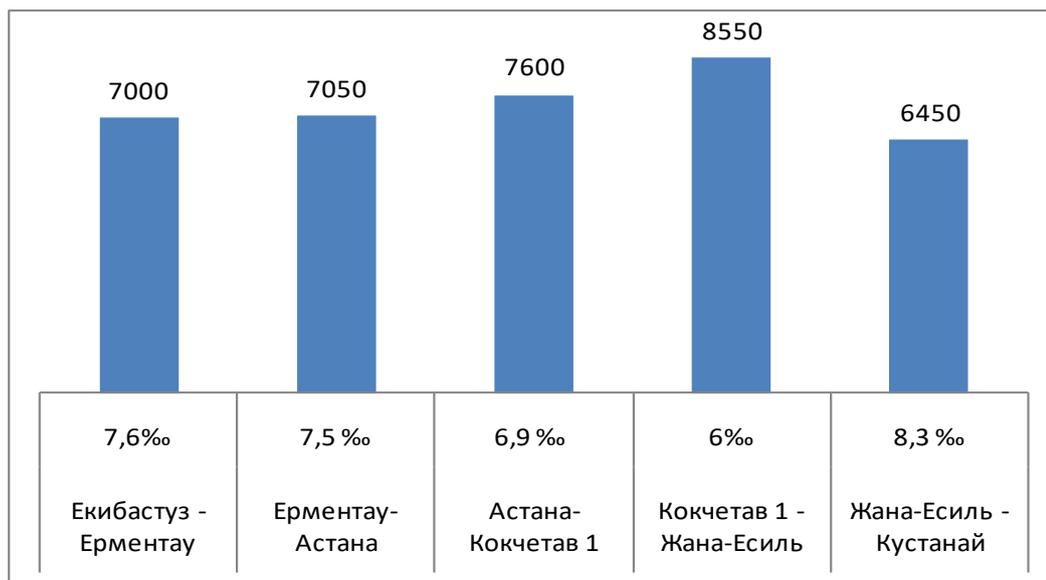


Рис. 2 – Расчетная масса грузового поезда (т), ведомого электровозом KZ8A (нечетное направление)

Fig. 2 – Estimated mass of a freight train (t) driven by an KZ8A electric locomotive (odd direction)

Как видно из рисунка 2, с учетом перелома массы поездов, на участке Екибастуз - Астана можно установить весовую норму равную 7000 т, на участке Астана - Костанай – 6400 т. При этом весовая норма грузовых поездов увеличивается на 15 %.

Анализ технико-экономических параметров использования полувагонов с повышенной осевой нагрузкой. Для оценки возможности ввода тяжеловесного движения в Республике Казахстан выполнен сравнительный анализ технико-экономических параметров трёх моделей полувагонов, эксплуатируемых на ж.д. РК: модель 12-753 (Уралвагонзавод), модель 12-9941 (КВК, РК), модель 12-9920 (КНР), который представлен в виде таблицы 2.

При расчёте приняты реальные эксплуатационные показатели использования подвижного состава и перспективная величина массы поезда 7000 т.

Статическая нагрузка определяет количество груза, которое загружается в вагон [3]. Для каждого вида груза статическую нагрузку можно определить по формуле

$$P_{ci} = P\lambda_i, \quad (4)$$

где P — грузоподъёмность вагона; λ_i — коэффициент использования грузоподъёмности для i -го груза (для полувагонов приняли 1).

Средняя статическая нагрузка для каждого типа вагона, в котором перевозятся различные грузы:

$$\bar{P}_c = \frac{\sum a_i}{\sum \frac{a_i}{P_{ci}}}, \quad (5)$$

где a_i — абсолютное количество или доля i -го груза в общем объёме грузов, перевозимых рассматриваемым типом вагона.

По эксплуатационным сведениям для рассматриваемого участка средняя статическая нагрузка составит (4171,2 брутто-тонн/66,5 ваг) – 23,7 т (тара)=39,02 т, для эксплуатируемых вагонов.

Статическая нагрузка определяет количество груза в вагоне без учёта расстояния его перевозки. Для учёта этого расстояния пользуются другим показателем — средней динамической нагрузкой вагона рассматриваемого типа

$$P_{дин} = \frac{\sum a_i l_i}{\sum \frac{a_i l_i}{P_{ci}}}, \quad (6)$$

где l_i — среднее расстояние перевозки i -го груза.

Динамическая нагрузка характеризует использование грузоподъемности вагонов в процессе перевозки, т. е. с учетом расстояния пробега. Средняя динамическая нагрузка показывает количество эксплуатационных тонно-километров, приходящееся на 1 вагоно-километр. Различают среднюю динамическую нагрузку груженого вагона и вагона рабочего парка, учитывающую порожний пробег.

Динамическая нагрузка груженого вагона

$$P_{дин}^{zp} = \frac{\sum Pl}{\sum nS_{zp}}, \quad (7)$$

где $\sum Pl$ - грузооборот на сети, дороге, отделении, т.км. нетто (согласно эксплуатационным сведениям для рассматриваемого участка $\sum Pl = 19658138$ тыс. тн-км нетто);

$\sum nS_{zp}$ - пробег груженых вагонов, вагоно-км (согласно эксплуатационным сведениям $\sum nS_{zp} = 293351$ тыс. вагоно-км груженых вагонов).

При существующих показателях $P_{дин}^{zp} = 67,01$ т.

Увеличение динамической нагрузки вагона способствует повышению

производительности вагона, которая рассчитывается по формуле:

$$П_в = \frac{P_{дин}^{zp} \cdot S_B}{(1 + \alpha_{пор})}, \quad (8)$$

где S_B - среднесуточный пробег вагонов, км/сут (510 км/сут); $\alpha_{пор}$ — коэффициент порожнего пробега вагонов (0,413).

При существующих показателях $П_в = 24238,5$ т*км/сут.

Нагрузку, получаемую в результате деления массы брутто вагона на общую, его длину (измеряемую по осям сцепления автосцепок), называют погонной нагрузкой брутто:

$$P_i^{об} = \frac{P + T}{L_{об}}, \quad (9)$$

где $L_{об}$ - длина вагона, м:

Разделив среднюю динамическую нагрузку вагона $P_{дин}$ на его общую длину $2L_{об}$, получим среднюю погонную нагрузку нетто:

$$q_{нн} = \frac{P_{дин}}{2L_{об}}. \quad (10)$$

Повышение средней погонной нагрузки нетто при неизменной длине станционных путей позволяет увеличить полезную массу поезда, и, следовательно, повысить провозную способность дорог, отдалить затраты на развитие их пропускной способности.

Таблица 2 – Техничко-экономические параметры полувагонов
 Table 2 – Technical and economic parameters of gondola cars

Параметр	Модель 12-753	Модель 12-9941	Модель 12-9920
Грузоподъемность вагона, т	69	70,5	75
Тара вагона, т	22,5	23,5	25
Объем кузова вагона, м ³	74	80	88
Допустимая осевая нагрузка, т	23,5	23,5	25
Длина вагона по осям сцепления автосцепок, м	13,92	13,98	13,98

Удельный объем кузова, м ³ /т	1,07	1,14	1,17
Погрузочный объем кузова (для перевозки угля, щебня, руды)	1,07	1,14	1,17
Коэффициент тары технический	0,326	0,33	0,33
Погрузочный коэффициент тары	0,326	0,33	0,33
Погонная нагрузка брутто, т/м	6,57	6,72	7,84
Количество вагонов при массе поезда Q=7 000 т, шт	76	75	70
Длина поезда при массе поезда Q=7 000 т, м	1069 (превышает норму)	1049 (превышает норму при учёте длины)	978,6
Грузооборот при массе поезда Q=7 000 т, тыс. тн-км нетто	-	-	24 349 331,8
Прирост грузооборота при массе поезда Q=7 000 т, тыс. тн-км нетто	-	-	4 691 193,8 (24%)
Оптимальное количество вагонов при рациональном использовании длины станционных путей (1050 м) с учётом длины локомотива (35 м), шт	73	72	72
Максимальный вес поезда при оптимальном количестве вагонов с рациональным использованием длины станционных путей (1050 м), т	6679,5	6768	7200
Грузооборот при максимальном использовании грузоподъёмности поезда, тыс. тн-км нетто	23 441 904	23 542 391	25 045 097
Прирост грузооборота при максимальном использовании грузоподъёмности поезда, тыс. тн-км нетто	3783766 (19%)	3 884 253 (20%)	5 386 959 (27%)
Статическая нагрузка, т	69	70,5	75
Средняя статическая нагрузка, т	42,39	43,16	48,72
Динамическая нагрузка груженого вагона при массе поезда Q=7 000 т, т	-	-	83
Динамическая нагрузка груженого вагона при максимальном использовании грузоподъёмности поезда, т	79,91	80,25	85,38
Эксплуатационный коэффициент тары	0,39	0,41	0,41
Средняя погонная нагрузка нетто, т/м	5,74	5,74	6,11
Производительность вагона при массе поезда Q=7 000 т, тн*км/сут	-	-	30 021,27
Производительность вагона при максимальном использовании грузоподъёмности поезда, тн*км/сут	28 903,61	29 026,59	30 882,13

Сравнительный анализ данных таблицы 2 показывает, что технико-экономические показатели полувагона модели 12-9920 с повышенной осевой нагрузкой превосходят показатели моделей 12-753 и 12-9941.

Учитывая, что длина станционных путей является ограниченной величиной (1050м), для перспективы повышения весовой нормы на рассматриваемом участке до 7000 т, приемлемым является только использование полувагонов модели 12-9920.

С точки зрения оптимального использования длины станционных путей (1050 м) с учётом длины локомотива (35 м), в состав поезда могут быть включены 72 полувагона модели 12-9920. Максимальным вес поезда составит 7200 т.

Прирост грузооборота при повышении весовой нормы на рассматриваемом участке до 7000 т при эксплуатации полувагонов модели 12-9920 составит 4 691 193,8 тыс. тн-км нетто, т.е. 24% от существующего.

Прирост грузооборота при максимальном использовании

грузоподъёмности поезда (7200 т) при эксплуатации полувагонов модели 12-9920 составит 5 386 959 тыс. тн-км нетто, т.е. 27% от существующего.

Приведённые факты по результатам расчётов в совокупности с улучшенными эксплуатационными характеристиками и увеличенным межремонтным пробегом свидетельствует о целесообразности и технико-экономической эффективности использования в эксплуатации полувагонов модели 12-9920.

Проблемы и пути решения. Увеличение осевых нагрузок, с одной стороны, является эффективным средством повышения провозной способности, с другой стороны, приводит к увеличению интенсивности накопления остаточных деформаций в пути.

Создание инновационного подвижного состава с улучшенными динамическими параметрами экипажной части дало возможность вновь вернуться к решению проблемы повышения осевых нагрузок грузовых вагонов. Остается непреложным факт, что повышение осевых нагрузок должно проводиться на фоне модернизации, как подвижного состава, так и конструкции пути.

С целью увеличения эффекта модернизацию необходимо проводить для большего диапазона повышения нагрузок. Новые конструкции подвижного состава и пути должны рассчитывать на увеличение осевых нагрузок до 30 т, то есть на увеличение по сравнению с существующими нормами примерно на 30%.

В настоящее время созданием тележек с повышенной осевой нагрузкой занимаются многие вагоностроительные предприятия: ФГПУ «ПО «Уралвагонзавод», ВНИКТИ, ПГУПС и другие.

В работе [4] на основе обзора ходовых частей грузовых вагонов конструктивные признаки тележек систематизированы по уровням, разделенным по принципу синтеза расчетной схемы вагона для исследования его динамического поведения. На первом

уровне выделены основные элементы тележки (тип рамы, подвешивания, буксы, наличие дополнительных устройств, связывающих колесные пары); на втором – конструкция подвешивания (характеристики и тип упругих и демпфирующих элементов), на третьем – конструктивные признаки связи между тележкой и кузовом.

Статистический анализ признаков позволил установить, что конструктивные схемы тележек с жесткой в плане рамой и одноступенчатым подвешиванием и с нежесткой рамой являются работоспособными, как для увеличения осевых нагрузок, так и для повышения скоростей движения при реализации подвешиванием рациональных характеристик. Основные признаки тележки с жесткой рамой – билинейная вертикальная и в плане характеристика буксового подвешивания, фрикционное или гидравлическое гашение колебаний, боковые скользящие постоянные контакты. Схема тележки с нежесткой в плане рамой, состоящей из двух боковых рам и надрессорной балки, допускает комбинации конструктивных признаков, для которых введена классификация (таблица 3) [4].

Объединение тележек в группы произведено по реализуемой критической скорости потери устойчивости движения вагона и основано на ее зависимости от сдвиговой жесткости тележки при одинаковых углах набегания и износах колес в кривых. В тележках группы А применение клиньев с плоской наклонной поверхностью не позволяет увеличить сопротивление забеганию боковых рам для обеспечения конструкционной скорости свыше 90 км/ч. В тележках группы В использованы клинья пространственной конфигурации или дополнительные устройства, соединяющие боковые рамы, что позволяет добиться конструкционной скорости 120 км/ч. Дальнейшее увеличение конструкционной скорости требует использования дополнительных межосевых связей для отдельной реализации изгибной и сдвиговой жесткости тележки.

Таблица 3 – Классификация тележек с нежесткой в плане рамой [4]
 Table 3 – Classification of trolleys with a non-rigid frame [4]

Группа	Подгруппа	Конструкционная скорость, км/ч	Конструктивные признаки узлов			
			Связь боковой рамы с колесной парой	Устройство сопротивления забеганию боковых рам во второй ступени подвешивания	Тип бокового скользуна	Упругие межосевые связи
Традиционная	-	70	Сухое трение в пределах зазоров	Фрикционный клин с плоской наклонной поверхностью	Жесткий с зазором	нет
А	1	90	Упруго включенный элемент сухого трения в пределах зазоров	Фрикционный клин с плоской наклонной поверхностью	Упругий постоянного контакта	нет
	2		Упругая в пределах зазоров		Жесткий с зазором или упругий постоянного контакта	Посредством рамы тележки
В	1	120	Упругая в пределах зазоров	Фрикционный клин с плоской наклонной поверхностью	Жесткий с зазором или упругий постоянного контакта	Посредством рамы тележки
	2			Фрикционный клин с плоской наклонной поверхностью и междурамные связи		Посредством рамы тележки
С		Более 120	Упругая в пределах зазоров	Фрикционный клин с плоской наклонной поверхностью	Жесткий с зазором или упругий постоянного контакта	Посредством рамы тележки и дополнительных устройств

Анализ экономической и технической ситуации, сложившейся на железных дорогах ЕАЭС, позволил предварительно отобрать конструктивные схемы тележек для тройной специализации вагонов, сформулированной в ГОСТ 9246. Предложено создать типаж тележек для различных конструкционных скоростей и осевой нагрузки путем модификации базовой конструкции для нагрузки 25 т/ось и скорости 120 км/ч, принадлежащей к группе В-1. Горизонтально упругое буксовое подвешивание и фрикционные клинья пространственной конфигурации, обеспечивающие упругие межосевые связи посредством боковых рам, позволяют реализовать воздействие на путь не выше, чем у тележек модели 18-100 при осевой нагрузке 23,5 т. Для повышения конструкционной скорости до 140 км/ч базовая конструкция оборудуется дополнительными упругими межосевыми связями (группа С), а для значительного

уменьшения коэффициента вертикальной динамики в подвешивании при осевой нагрузке 30 т – упругими скользунами постоянного контакта с одновременным повышением трения в подвешивании. Анализ конструкции тележки показал, что конструкция грузовых тележек модели ZK1 исключает:

- продольные забегания боковых рам относительно друг друга (у тележки 18-100 они достигают 15-20 мм), в результате уменьшается интенсивность виляния тележки, улучшается плавность хода вагона;

- маятниковые колебания рам относительно собственных продольных осей, в результате устанавливается равномерная передача нагрузок на элементы буксового узла, что позволяет исключить перекосы подшипников [5-7]. Кроме того, по сравнению вагонов с тележками 18-100 грузовые вагоны на тележках модели ZK1 имеют более

высокую конструкционную скорость, меньший износ колес и больший межремонтный пробег [6].

Следует учесть, что улучшением конструкции ходовой частей можно добиться улучшения динамических параметров взаимодействия как в горизонтальной, так и в вертикальный плоскостях, которое приведет в уменьшению динамических нагрузок на путь и, следовательно, в известной мере ограничит максимальные величины сил взаимодействия. Подобный эффект достигается также улучшением состояния пути.

Однако, как показывает зарубежный и отечественный опыт эксплуатации грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 т и более, указанные мероприятия, влияя на максимальные величины силового воздействия, не затрагивают средних значений величин нагрузок на путь.

Поэтому увеличение осевых нагрузок должно сопровождаться повышением прочности и износостойкости как ходовой частей вагонов, так и элементов конструкции пути. Зарубежный опыт эксплуатации грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 т/ось показывает, что одним из самых главных вопросов тяжеловесных движений является - сможет ли железнодорожная инфраструктура и, в первую очередь, путь и искусственные сооружения, соответствовать требованиям увеличения осевых нагрузок и объемов перевозок [5].

Зарубежный опыт показывает, что с ростом осевых нагрузок (до 25-30 т) [8]:

1. Компоненты железнодорожного пути становятся более чувствительными к неравномерности нагрузки, связанной с

геометрией пути (в частности, с возвышением рельса), увеличиваются расходы на текущее содержание пути, снижают сроки службы рельсов и балансировкой призмы.

2. Главными видами ухудшения состояния рельсов является износ, пластическая деформация и усталостные повреждения.

3. Исследования, проведенные в Германии, показывают, что повышение осевых нагрузок на 5% вызывает ухудшение состояния пути на 25% .

4. Одним из способов для снижения темпов износа верхнего состояния пути предлагается использование подшпальных подкладок, которые способствуют сокращению балансировочных работ почти вдвое и снижению объемов работ по текущему содержанию пути на линиях повышенной грузонапряженности и эксплуатации вагонов с повышенными осевыми нагрузками.

Выводы. Для организации тяжеловесного движения в Казахстане имеется соответствующий подвижной состав: мощные электровозы серии КЗ8А и грузовые полувагоны модели 12-9920 с осевой нагрузкой 25 т/ось.

Зарубежный опыт тяжеловесного движения показывает, что эксплуатация вагонов с высокими осевыми нагрузками (более 25 тс/ось) с обеспечением стабильной надежности пути возможна с применением превентивных мер по усилению элементов инфраструктуры (современные материалы, технологии), при высоком уровне содержания пути и постоянном качественном мониторинге за состоянием инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беседин И.С., Мугинштейн Л.А., Захаров С.М. Развитие тяжеловесного движения на железных дорогах мира. // Журнал «Железные дороги мира», 2006. – № 9. – С. 39-48.
- [2] Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
- [3] Конструирование и расчет вагонов: учебник / Под ред. П.С. Анисимова. - М.: УМЦ по образованию на ж/д транспорте, 2011. - 688 с.
- [4] Орлова А.М. Влияние конструктивных схем и параметров тележек на устойчивость, ходовые качества и нагруженность грузовых вагонов: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. – Санкт-Петербург: СПГУПС, 2008. – 32 с.

- [5] Токмурзина Н.А., Ивановцева Н.В., Токмурзин Т.А. Особенности конструкции и установление допустимых скоростей движения полувагона модели 12-9920 (на тележках ZK1) // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль транспортной науки и образования в реализации пяти институциональных реформ», посвященной Плану нации «100 конкретных шагов», 27-28 апреля 2016. – Алматы: КазАТК. – С. 48-57.
- [6] Карибжанов Е.А. Грузовые вагоны Казахстана: улучшаем техническое состояние // Журнал «Вагоны и вагонное хозяйство», 2009. – № 4 (20). – С. 34-36.
- [7] Блохин Е.П., Алпысбаев К.Т. и др. Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР // Журнал «Вагонный парк», 2012. – № 9 (66). – С. 12-14.
- [8] Певзнер В.О., Белоцветова О.Ю. Обобщение зарубежного опыта по воздействию на путь грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 т/ось и более // Материалы 9-ой научно-практической конференции с международным участием «Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство». – Москва: МИИТ, 2016. – Т. 9. – С. 19-25.

REFERENCES

- [1] Besedin I.S., Muginshtejn L.A., Zaharov S.M. *Razvitie tyazhelovesnogo dvizheniya na zheleznyh dorogah mira*. // Zhurnal «Zheleznye dorogi mira» [in Russian: Besedin I.S., Muginshtejn L.A., Zakharov S.M. The development of heavy traffic on the railways of the world. // Magazine "Railways of the world"]. 2006. № 9. p. 39-48.
- [2] *Pravila tiagovyh raschetov dlia poezdnoi raboty* [in Russian: Rules of traction calculations for train operation]. Moscow, Transport Publ., 1989. 287 p.
- [3] *Konstruirovaniye i raschet vagonov: Uchebnyk* [in Russian: Design and calculation of cars] / Ed. P.S. Anisimova. Moscow, Raining center for education in railway transport Publ., 2011. - 688 p.
- [4] Orlova A.M. *Vlianiye konstruktivnyh shem i parametrov telejek na ustoychivost, hodovye kachestva i nagrujennost gruzovyh vagonov: avtoreferat na soiskaniye uchenoi stepeni doktora tehnikeskikh nauk* [in Russian: Impact of design schemes and parameters of bogies on stability, running qualities and loading of freight cars]. St. Petersburg: SPGUPS, 2008. 32 p.
- [5] Tokmurzina N.A., Ivanovtseva N.V., Tokmurzin T.A. *Osobennosti konstrukcii i ustanovleniye dopustimyx skorostej dvizheniya poluvagona modeli 12-9920 (na telezhkax ZK1)* // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Rol transportnoj nauki i obrazovaniya v realizatsii pyati institutsionalnykh reform»*, posvyashhennoj planu natsii «100 konkretnyx shagov», 27-28 aprelya 2016. [in Russian: Tokmurzina N.A., Ivanovtseva N.V., Tokmurzin T.A. Design features and the establishment of permissible gondola car speeds of model 12-9920 (on ZK1 trolleys) // Materials of the International Scientific and Practical Conference “The Role of Transport Science and Education in the Implementation of Five Institutional Reforms” dedicated to the Plan of the Nation “100 Concrete Steps”, 27-28 April 2016.]. Almaty, KazATC Publ., p. 48-57.
- [6] Karibzhanov E.A. *Gruzovye vagony kazaxstana: uluchshaem texnicheskoye sostoyaniye* // Zhurnal «Vagonny i vagonnoye hozyajstvo» [in Russian: Freight cars of Kazakhstan: improving technical condition//Magazine "Wagons and carriage facilities"], 2009. № 4 (20). p. 34-36.
- [7] Blohin E.P., Alpytsbaev K.T. i dr. *Telejki ZK1 pol'uvagonov, postroennyh v KNR* // Jyurnal «Vagonny park» [in Russian: Trolleys ZK1 gondola cars built in China//Magazine "Wagon Park"], 2012. № 9 (66). p. 12-14.
- [8] Pevzner V.O., Belotsvetova O.Yu. *Obobeniye zarybejnogo opyta po vozdeystviyu na pyt gruzovyh vagonov s osevoi nagruzkoj 25 t/os i bolee* // *Materialy 9-oi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mejdnarodnym uchastiem «Vnedreniye sovremennykh konstruktivnykh i peredovykh tekhnologiy v putevoye hozyajstvo»* [in Russian: Synthesis of foreign experience on the impact on the way of freight cars with axial load of 25 t/axle and more]. Moscow, MITE, 2016, volume. 9, p. 19-25.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна - к.т.н., ассоциированный-профессор Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; natalitokmur@mail.ru;

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

Пя Дмитрий Радионович – к.т.н., ассистент-профессор, Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; d.pya@kazatk.kz.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА АУЫР САЛМАҚТЫ ҚОЗҒАЛЫСТЫ ЕНГІЗУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна – т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; natalitokmur@mail.ru;

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

Пя Дмитрий Радионович – т.ғ.к., ассистент-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; d.pya@kazatk.kz.

Аңдатпа: Мақалада Қазақстан Республикасында ауыр салмақты қозғалысты енгізу перспективалары қарастырылған. Ауыр салмақты және ұзын құрамды поездарды енгізу теміржол жолдарының өткізгіштік және тасымалдау қабілеттілігін арттырудың, локомотивтер мен вагондардың жұмыс паркін, энергетикалық шығыстарды төмендетудің тиімді тәсілі болып табылады. Сондықтан, жүк поездары құрамының шамасы мен масса теміржолдың пайдалану қызметін анықтайтын маңызды көрсеткіштер болып табылады.

Мақалада Павлодар - Екібастұз – Астана электрлендірілген учаскесінде жүк поездының салмағын арттыру мүмкіндігін негіздеу үшін KZ8A локомотивінің қуатын толық пайдалану негізінде құрам массасының есебі орындалды, сондай-ақ Қазақстан Республикасының темір жолдарында пайдаланылатын жартылай вагондардың келесі үш үлгісі мысалында вагондарды пайдаланудың техникалық-экономикалық көрсеткіштерінің есебі орындалды: 12-753 (Уралвагонзауыты) моделді, 12-9941 (ҚВЖК, ҚР) моделді, 12-9920 (ҚХР) моделді.

Есептеулер нәтижелері қаралып отырған учаскеде ауыр салмақты қозғалысты енгізу мүмкіндігі мен тиімділігін куәландырады. Мысалы, Астана-Павлодар учаскесіндегі тасымалдау қабілетінің артуы жүк айналымының қазіргі көрсеткішінің 24-27% өсуіне мүмкіндік береді (7000-7200 т салмақ нормасы кезінде).

Түйінді сөздер: жылжымалы құрам, жүк вагоны, осьтік жүктеме, салмақ нормасы, ауыр салмақты қозғалыс.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 126-130

APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN LOCOMOTIVE SERVICE

Sundetov Samat Serikovich – Master, Researcher, NIS Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, s.sundetov@kazatk.kz.

Utepova Akerke Umirzakhovna – Ph.D. Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, akerke_1970@mail.ru.

Musabekov Murat Omurbekovich – Ph.D., Associate Professor Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, m.musabekov@kazatk.kz.

Abstract: The article is devoted to the substantiation of application of innovative technologies of diagnostics of traction rolling stock at service. Nondestructive testing methods provide reduced operating costs, reduced non-production costs and safe operation of the Locomotive throughout the life cycle of the facility.

The formation of a competitive environment is a condition for the transition of Kazakhstan to another qualitative level of the previously monopolistic railway industry, which will reduce the cost of transportation and improve the quality of services provided. Locomotive railway transport planned maintenance system locomotive repair great revolutionary way to serviced service system. The implementation of the service system is aimed at ensuring the reliability and failures of the Locomotive throughout its life.

Service name administrative nature that support the current status of individual elements of structures and components, as well as the overall transport unit. Competently constructed service system provides optimization of operating costs, reduction of non-production costs, implementation of the most rational logistics solutions, ensuring the safety of operation throughout the life cycle of the object.

The modern system of service organization requires innovative methods and tools to analyze the current state of traction rolling stock (TPN), risk assessment, safety assessment, serviceability, durability and reliability, which in turn is impossible without new highly qualified personnel. The principle of operation of modern thermal imagers is based on the ability to register thermal radiation in the infrared range corresponding to different temperatures of the controlled object.

The maximum temperature values are fixed on the operating equipment after entering the set mode and achieving thermal equilibrium in the control areas.

Keywords: innovative technologies, non-destructive testing methods, thermal imager.

ӘОЖ 621.313.12

С.С.Сундетов¹, А.У.Утепова¹, М.О.Мусабеков¹

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ЛОКОМОТИВТЕРГЕ СЕРВИСТІК ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ КЕЗІНДЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Мақалада сервистік қызмет көрсету кезінде тартымдық жылжымалы құрамды диагностикалаудың инновациялық технологияларын қолдануды негіздеуге арналған. Бұзбайтын бақылау әдістерін пайдалану шығындарын төмендетуді, өндірістік емес шығындарды азайтуды және объектінің барлық өмірлік циклі ішінде локомотивті пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: Инновациялық технологиялар, бұзбай бақылау әдісі, тепловизор, тепловизиялық бақылау.

Қазақстанның темір жол көлігін құрылымдық реформалаудың негізгі міндеттерінің бірі техника мен темір жол тасымалдарын өндіру саласында бәсекелестік күреске жағдай жасау болып табылады.

Бәсекелестік ортаны қалыптастыру - бұл тасымалдардың өзіндік құнын төмендетуге және көрсетілетін қызметтердің сапасын арттыруға мүмкіндік беретін Қазақстанның бұрын монополиялық теміржол саласының өзге сапалы деңгейге көшуі үшін шарт. Қазақстан темір жол көлігінің локомотив шаруашылығы жоспарлы-алдын ала жөндеу жүйесінен локомотивтерге сервиздік қызмет көрсету жүйесіне дейін үлкен революциялық жол өтті. Сервистік қызмет көрсету жүйесін енгізу оны пайдаланудың бүкіл мерзімі ішінде локомотивтің сенімділігі мен істен шығуын қамтамасыз етуге бағытталған. Сервистік қызмет көрсету құрылымдар мен тораптардың жекелеген элементтері, сондай-ақ жалпы көлік бірлігі ретінде ағымдағы жай-күйін қолдаушы атаулы басқару сипатында болады. Сервистік

қызмет көрсетудің сауатты құрылған жүйесі пайдалану шығындарын оңтайландыруды, өндірістік емес шығындарды азайтуды, неғұрлым ұтымды логистикалық шешімдерді іске асыруды, объектінің барлық өмірлік циклі ішінде пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз етуді қамтамасыз етеді. Қызмет көрсетуді ұйымдастырудың қазіргі заманғы жүйесі тартымдық жылжымалы құрамның (ТЖҚ) ағымдағы жай-күйін талдау, қатерді бағалау, қауіпсіздік, жөндеу жарамдылығына, ұзақ мерзімділігіне және сенімділігін бағалау үшін инновациялық әдістер мен құралдарды талап етеді, бұл өз кезегінде жаңа жоғары білікті кадрларсыз мүмкін емес.[2].

Инновациялық технологияларды енгізу жылжымалы құрамды күтіп ұстауға және жөндеуге пайдалану шығындарын айтарлықтай төмендетуге, жабдықтың тораптары мен агрегаттарының нақты техникалық жағдайын ескере отырып, жөндеудің ұтымды жүйесін таңдауға, пайдаланудағы жылжымалы құрамның сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Пайда болу сатысында ақауды анықтау және оның ТЖҚ техникалық ұстау жүйесінде бас тарту дәрежесіне өту мүмкіндігін техникалық диагностикалау жүйесінің көмегімен жүзеге асыру қажет.

Ол ТЖҚ техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесінің ажырамас құрамдас бөлігі болып табылады. [2].

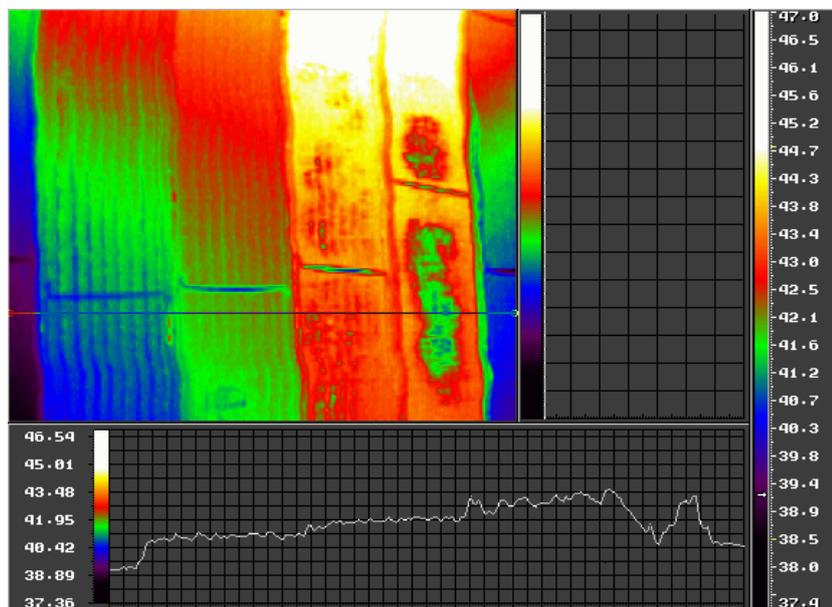
Соңғы жылдары локомотивтердің тораптары мен бөлшектерін диагностикалау кезінде үлкен танымалға ие болған, тепловизиялық жолмен бұзбай бақылауды қолдану сервистік қызмет көрсетудің перспективалы бағыты болып табылады [3].

Ол нормативтік құжаттамаға сәйкес жүргізілуі тиіс басқа әдістермен

жүргізілетін міндетті сынақтарды алмастырмаса да, бірақ ақаудың болуын, ал кейбір жағдайларда оның даму тереңдігін тез бағалауға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы тепловизиялықтың әрекет ету принципі бақыланатын объектінің әр түрлі температурасына сәйкес келетін инфрақызыл диапазонда жылу сәулесін тіркеу қабілетіне негізделген.

Тепловизиялық бақылау нәтижелері термограммалар (жылуграммалар) болып табылады, оларды талдау негізінде бағдарламалардың көмегімен жылу ауытқуларының болуы және ақаудың даму деңгейі туралы қорытынды жасалады (1-сурет).



1 - сур. Тепловозының дизель салқындатқышының су секциясының термограммасы

Fig. 1 – Diesel locomotive cooler thermogram of water section

Өлшеу тепловизиялық объектінің берілген температурасының дәлдігін объект материалының эмиссиясына дейінгі дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді, бірақ олар мезгіл-мезгіл калибрлеуді қажет етеді, ол үшін көбінесе матрицаны калибрлеуге арналған интегралды құрылғы бар, әдетте перде түрінде, температурасы дәл өлшенеді.

Тепловизордың көмегімен бақыланатын объектілердің нақты температуралық көрсеткіштерін алу үшін тепловизорды пайдалану жөніндегі

нұсқаулыққа сәйкес бақыланатын беттің сәулелену коэффициентінің тиісті мәнін таңдау және орнату қажет.

Бақыланатын тораптар бетінің жай-күйі туралы ақпарат болмаған жағдайда, жылдамдатылған сынақтарды жүргізу кезінде бақыланатын беттің сәуле шығару коэффициентінің шамасын есептеу $\varepsilon = 0,9$ тең етіп белгілейді.

Объектінің нақты температурасын (1) формуласы бойынша анықталуы мүмкін. [3]

$$T_{\text{факт}} = \frac{T_{\text{РАД}}}{\sqrt[4]{\varepsilon}} \quad (1)$$

мұнда $T_{\text{рад}}$ – аспаптармен өлшенген радиациялық температура;

ε – бақыланатын беттің сәулелену коэффициенті.

Бақылау объектісінің габариттік өлшемдеріне және болжанатын жылу ақаулары өлшемдеріне байланысты тепловизиялық бақылаудың ұсынылатын қашықтығы 0,3 м-ден 5 м-ге болуы тиіс..

Ең жоғары температуралық көрсеткіштер жұмыс істеп тұрған жабдықта берілген режимге шыққаннан және бақылау орындарында жылу тепе-теңдігіне жеткеннен кейін белгіленеді.

Егер диагностикалық белгілер жабдықтың жұмыс режиміне шығу процесінде байқалса, онда тепловизиялық бақылауды өтпелі процесс кезінде жылу ауытқуының динамикалық сипаттамасын құру үшін жеткілікті мерзімділікпен жүргізу қажет. [4].

Егер жүктемені алғаннан кейін жылу ауытқуларының контрасты төмендесе, бірінші кезекте аз жылу сыйымдылығы бар тораптарды қарау ұсынылады.

Мысалы, басқару тізбектерінің аппаратурасы, контакторлар реле катушкаларын орау, клемма рейкалары, балқымалы ендірмелері бар сақтандырғыштар және т. б.

Түйін ақауының деңгейі үш деңгейдегі 0, 1, 2 критериймен бағаланады[4] :

0-норма;

1-келесі бақылауды талап ететін ескерту;

2-араласуды талап ететін ақаулық.

Әрбір деңгейге белгілі температура диапазоны сәйкес келеді.

Локомотивті құрамнан ағытпай, тракциялық жолдарда жылуландыру бақылауын жүргізудің маңызды артықшылығы болып табылады.

Қорытынды. Тепловизиялық бақылауды - локомотивтердің жүйелерінің және түйіндерінің(тоңазытқыштардың, электр машиналарының т.б.)жылу жағдайн бағалау,локомотивтердіңпайдалануда сенімділігін арттыруға мүмкіндік беретін жаңа әдістер болып табылады. Бұл ретте негізгі бағалау параметрі ретінде инфрақызыл тепловизордың көмегімен анықталатын беттің температурасы қабылданды. Қосалқы операциялар мен шығындарды минимуммен байланыссыз жедел бақылау пайдалану шығындарын азайтуды, өндірістік емес шығындарды азайтуды және локомотивтерді пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз етуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, тепловизорларды қолдану жөндеу сапасын бағалауға және қажет болған жағдайда локомотивтің тораптары мен жүйелерінің техникалық жағдайын жақсарту үшін шаралар қабылдауға көмектеседі.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Энергосбережение на железнодорожном транспорте. Учебник Под редакцией канд. техн. наук. В.А.Гапановича. Москва., 2012г. 619с
- [2] Инновационные технологии в локомотивном хозяйстве: Монография / Ю.Е.Просви́ров и др – Самара: Типография СамГУПСа, 2012. - 123с.
- [3] Развитие перспективных технологий при диагностировании электроподвижного состава // П.В. Шепелин., А.С.Тычков, А.Н. Калякулин, Е.М. Плохов // Наука и образование транспорта. 2015. № 1, с. 37-39.
- [4] Тепловизор на базе Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://er-ka.ru/samodelnyiy-teplovizor-naarduino>.

REFERENCES

- [1] *Energoberejenie na jeleznodorojnom transporte.* [in Russian: Energy Saving in railway transport]. Textbook edited by Cand. tech. sciences'. V. A. Gapanovich. Moscow.,2012 619 p.
- [2] *Innovatsionnye tehnologu v lokomotivnom hoziaistve.*[in Russian: Innovative technologies in locomotive economy]: Monograph / Yu. e. Prosvirov, etc. – Samara: Samara state Printing office, 2012. - 123c.

- [3] *Razvitiye perspektivnyh tehnologu pri diagnostirovanu elektropodvijnogo sostava*. [in Russian: Development of advanced technologies in diagnosing electric rolling stock] // P. V. Shepelin. A. S. Tychkov, A. N. Calyculin, E. M. Plokhov // Science and education transport. 2015. No. 1, pp. 37-39.
- [4] *Teplovizor na baze Arduino*. [in Russian: Thermal Imager based on Arduino]. [Electronic resource]. URL: <http://er-ka.ru/samodelnyi-teplovizor-naarduino>.

ЛОКОМОТИВТЕРГЕ СЕРВИСТІК ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ КЕЗІНДЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Сундетов Самат Серікұлы - магистр, ғылыми қызметкер Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, c.cundetov@kazatk.kz.

Утепова Акерке Умирзаковна – т.ғ.к., көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, akerke_1970@mail.ru.

Мусабеков Мурат Омарбекұлы – т.ғ.к көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, m.musabekov@kazatk.kz.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СЕРВИСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЛОКОМОТИВОВ

Сундетов Самат Серикович – магистр, научный сотрудник НИСа Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, c.cundetov@kazatk.kz

Утепова Акерке Умирзаковна – к.т.н. Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, akerke_1970@mail.ru

Мусабеков Мурат Омарбекович – к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, m.musabekov@kazatk.kz

Аннотация. Статья направлена на обоснование применения инновационных технологий диагностики тягового подвижного состава при сервисном обслуживании. Применение методов неразрушающего контроля обеспечивает снижение эксплуатационных затрат, минимизацию непродуктивных потерь и эксплуатационную безопасность локомотива в течение всего жизненного цикла объекта.

Ключевые слова: инновационные технологии, локомотив, сервисное обслуживание, метод неразрушающего контроля, тепловизор, тепловизионный контроль.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 130-138

ESTIMATION OF LONGITUDINAL FORCES BETWEEN THE CARS OF A PASSENGER TRAIN MOVING IN THE DERAILED CONDITION

Yerzhan Adilkhanov, Cand.Sci.(Eng.), PhD, Kazakh academy of transport and communication named after. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, adilhanov@mail.ru

Kairat Zhakupov, Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor 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. The article is devoted to the issue of computer (simulation) modeling of the movement of a passenger train after derailment of the rails on the sleepers and ballast in the Universal Mechanism software package. The model takes into account the resistance to movement arising from the interaction of the train's wheelsets with ballast. In the models of cars and locomotive, the movements of parts and assemblies in six directions of coordinates are taken into account. Harness and buffer devices for longitudinal force accounting were also modeled.

In this article, the authors attempt to simulate (simulate) the process of train movement in a descent state, for the analysis of longitudinally dynamic processes in a train.

Since when the trolleys come off with all the wheels, their contact with the rails is lost, elements that take into account the sliding (rolling) of the wheels on the ground were included in the model.

The work uses a computer (simulation) model of a passenger train consisting of a locomotive and twenty passenger cars, developed by the authors in the Universal Mechanism software environment.

The model was modified by adding additional power elements to the model to take into account the interaction of wheels with ballast.

Moreover, the model allows you to take into account both the rolling of the wheels on the contact surface, and sliding.

The computer (imitation) model of the train, developed as part of this work, allows you to simulate the movement of the descending train cars and can be used to investigate cases of derailment, accidents, etc., where it is necessary to evaluate the longitudinally dynamic forces between the cars.

Keywords: traffic safety, passenger cars, computer simulation, wheel derailment.

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

ОЦЕНКА ПРОДОЛЬНЫХ УСИЛИЙ МЕЖДУ ВАГОНАМИ ПАССАЖИРСКОГО ПОЕЗДА, ДВИЖУЩЕГОСЯ В СОШЕДШЕМ СОСТОЯНИИ

Аннотация. Статья посвящена вопросу компьютерного (имитационного) моделирования движения пассажирского поезда после схода колес с рельсов по шпалам и балласту в программном комплексе «Универсальный механизм». В модели учтено сопротивление движению, возникающее от взаимодействия колесных пар поезда с балластом. В моделях вагонов и локомотива учтены перемещения деталей и узлов в шести направлениях координат. Также смоделированы упряжные и буферные устройства для учета продольных усилий.

Ключевые слова: безопасность движения, пассажирские вагоны, компьютерное моделирование, сход колес с рельсов.

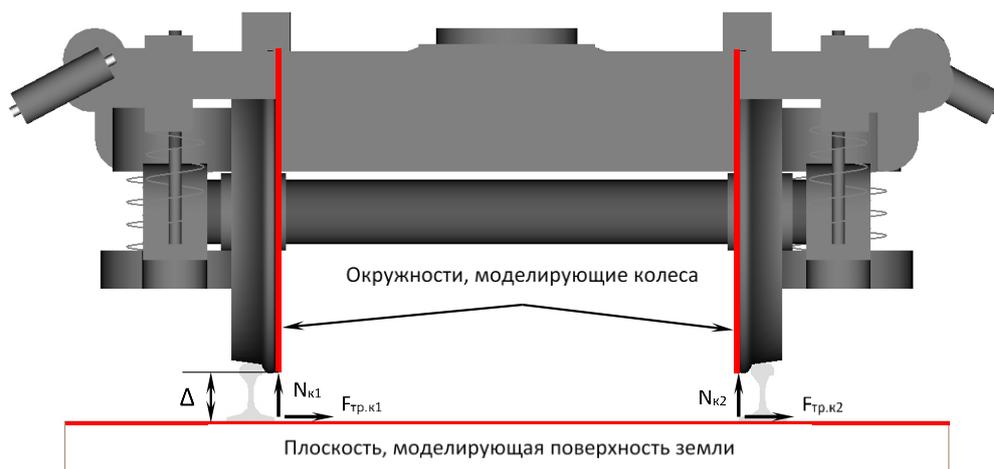
Исследования вкатывания колеса на головку рельса берут начало с начала прошлого века [1]. С тех пор данному вопросу было посвящено множество исследований многих авторов. Однако оценка продольных усилий, возникающих в автосцепках и буферных устройствах пассажирских вагонов, от движения сошедших колес по балласту также является актуальной.

В настоящей статье авторами предпринята попытка смоделировать (сымитировать) процесс движения поезда в сошедшем состоянии, для анализа продольно динамических процессов в поезде.

В работе использована компьютерная (имитационная) модель движения пассажирского поезда, состоящего из локомотива и двадцати пассажирских вагонов, разработанная авторами в программной среде «Универсальный механизм», и описанная в статье [2].

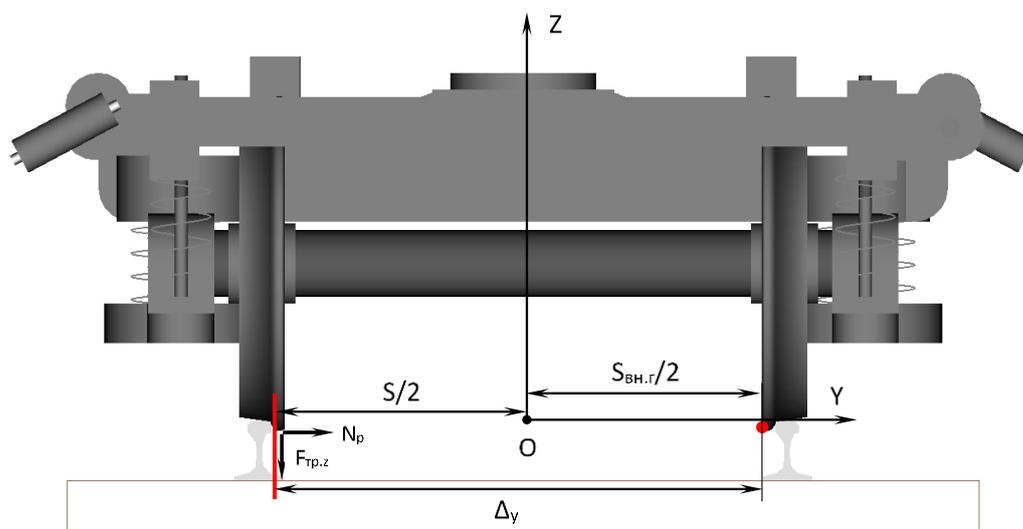
Модель была доработана путем добавления в модель дополнительных силовых элементов для учета взаимодействия колес с балластом.

Так как при сходе тележек всеми колесами теряется их контакт с рельсами, в модель были включены элементы, учитывающие скольжение (качение) колес по поверхности земли (см. рис. 1)



Здесь N_{ki} – нормальные силы, возникающие при контакте с землей; $\pm F_{тр.ки}$ – силы трения, возникающие при контакте с землей, Δ – зазор между нижней точкой окружности и землей.

Рис. 1 – Схема контактного взаимодействия колес и поверхности земли
 Fig. 1 – Scheme of contact interaction of wheels and the surface of the earth



Здесь N_{pi} , $\pm F_{тр.zi}$ – нормальные силы и силы трения, возникающие при контакте внутренней грани правого колеса с внутренней гранью левого рельса; Δ_y – зазор между внутренней гранью колеса с внутренней гранью рельса; S – ширина колес; $S_{вн.г}$ – расстояние между внутренними гранями колес $\Delta_y = S/2 + S_{вн.г}/2$.

Рис. 2 – Схема контактного взаимодействия колес и рельс при поперечном скольжении
 Fig. 2 – Scheme of contact interaction of wheels and rails during transverse sliding

На рис. 2 для удобства восприятия, показан только один вариант взаимодействия. На самом деле в модели реализован и симметричный этому вариант взаимодействия левого колеса и правого рельса соответственно.

Показанные на рис. 1-2 схемы взаимодействия колес с поверхностью земли и боковыми гранями рельс, позволяют ограничить вертикальные и

поперечные перемещения колес при их полном сходе с рельсов.

При описании контактного взаимодействия тел принято допущение, что с одним из контактирующих тел связывается бесконечная плоскость, а со вторым телом набор контактных точек [3].

При положительной величине Δ контакт между телами отсутствует, а при отрицательной величине контактная сила,

действующая со стороны первого тела на второе, описывается следующей математической моделью в векторной форме (рис. 3):

$$\vec{F}_B^{(j)} = \begin{cases} 0, & \Delta \geq 0 \\ \vec{N}^{(j)} + \vec{F}_f^{(j)}, & \Delta < 0 \end{cases}$$

где N – вектор нормальной реакции; F_f – вектор силы трения.

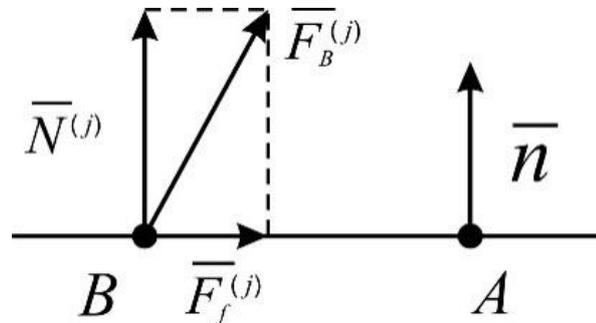


Рис. 3 - Контактное взаимодействие типа точка-плоскость.
 Fig. 3 - Point to plane contact interaction

Нормальная реакция описывается линейной упруго-диссипативной моделью и в СК j определяется из выражения:

$$N^{(j)} = -\Delta \cdot C_B - \frac{d\Delta}{dt} \cdot \beta_B, \quad (1)$$

где C_B – коэффициент контактной жесткости в точке В;

β_B – коэффициент контактной диссипации в точке В.

Для кулоновской силы трения существуют два режима: скольжения и сцепления. В режиме скольжения реализуется математическая модель силы, описываемая следующим выражением:

$$F_f^{(j)} = \frac{-f \cdot N^{(j)} \cdot v_s^{(j)}}{|v_s^{(j)}|}, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения скольжения; v_s – скорость скольжения одного тела

Переход к режиму трения сцепления осуществляется в тот момент времени, когда произойдет остановка относительного движения одного тела относительно другого, т.е., когда вектор скорости относительного скольжения v_s изменит свое направление. В этом режиме сила трения сцепления определяется выражением:

$$F_f^{(j)} = -f_0 \cdot N^{(j)}, \quad (3)$$

где f_0 – коэффициент трения сцепления.

Кроме того, принято допущение, что поверхность земли ровная, а сопротивление движению, вызываемое взаимодействием колес со шпалами и щебнем, задается дополнительными силами, приложенными к колесным парам

$$w_k = d_k \cdot V_{k.X}, \quad (4)$$

где d_k – коэффициент, задающий силу дополнительного сопротивления движения колесной пары (принимается одинаковым для всех колесных пар одного вагона); $V_{k.X}$ – линейная скорость движения колеса вдоль оси X.

Для имитации схода колес с рельсов в приближенном виде можно принять неровность, показанную на рис. 4, на котором, a – коэффициент, учитывающий амплитуду, L – коэффициент, учитывающий длину.

В этих целях имитации схода колес с рельсов, неровность – одиночный плавный горб, описываемая выражением $\eta(t) = \frac{a}{2} \cdot \left(1 - \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{x}{L}\right)\right)$, накладывается на неровности, снятые с натуральных участков пути (рис. 5, a – коэффициент, учитывающий амплитуду, L – коэффициент, учитывающий длину)

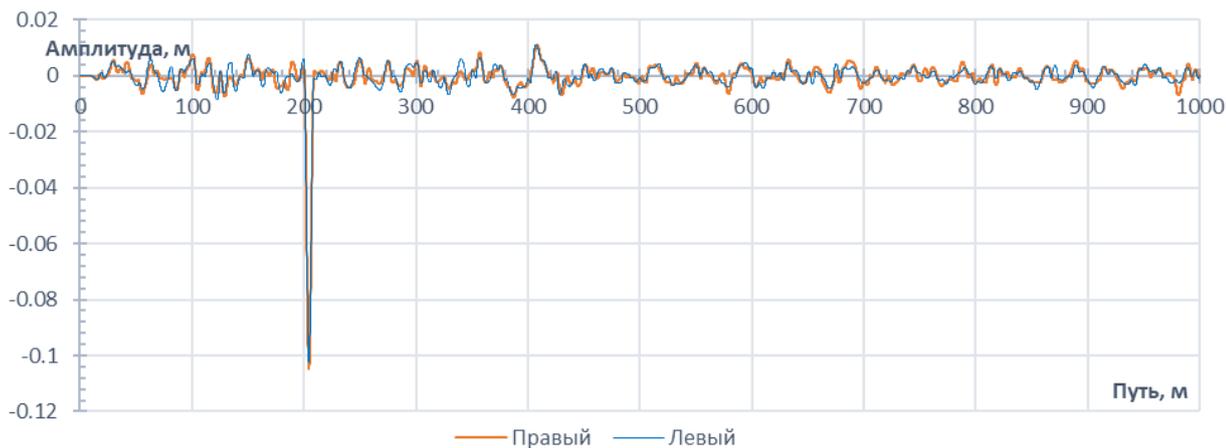


Рис. 4 – Горизонтальные неровности с правым выбросом обеих рельсовых нитей
 Fig. 4 – Horizontal bumps with right ejection of both rail threads

В целях оценки продольно динамических сил между вагонами, поезд перед началом моделирования был расположен таким образом, что неровность пути находилась между второй и третьей по

ходу движения колесных пар вагона №8 (рис. 5). Это позволит симитировать начало схода и последующее качение и/или скольжение колесных пар по шпалам и балласту.

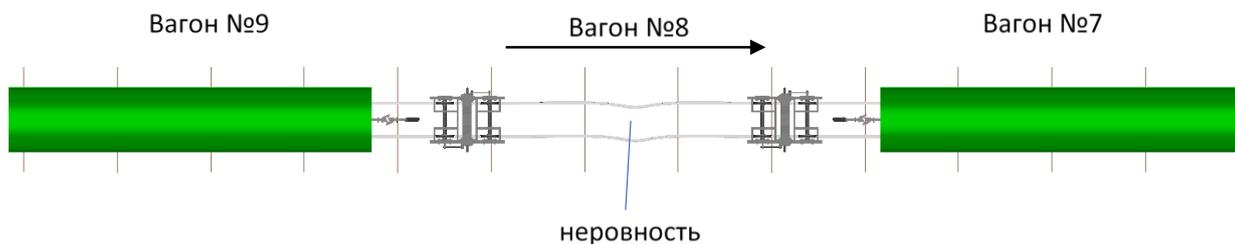


Рис. 5 – Расположение неровности пути под вагоном №8 по ходу движения
 Fig. 5 – The location of the roughness of the path under the car number 8 in the direction of travel

С целью определения степени влияния сил сопротивления движению, вызванных взаимодействием колесных пар с элементами верхнего строения пути и щебнем, на значения продольных сил в автосцепках и буферах, проведем следующую серию моделирований:

Вариант №1 – силы сопротивления движению всех сошедших колес одинаковые (движение колесных пар по шпалам).

Вариант №2 – силы сопротивления движению колесных пар вагонов №№8-11 (движение колесных пар по шпалам) больше в 5 (пять) раз чем колесных пар вагонов №№12-15 (движение колесных пар по щебню).

На рис. 6-9 показаны осциллограммы продольных сил в автосцепках и в буферных устройствах для двух вариантов.

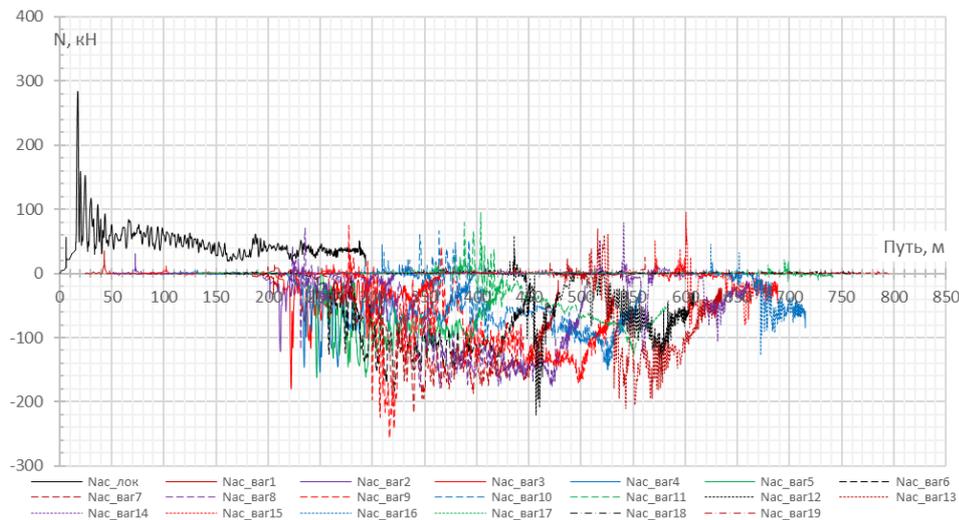


Рис. 6 – Продольные силы на хвостовых автосцепках (вариант №1)
 Fig. 6 – Longitudinal forces on tail automatic couplings (option No. 1)

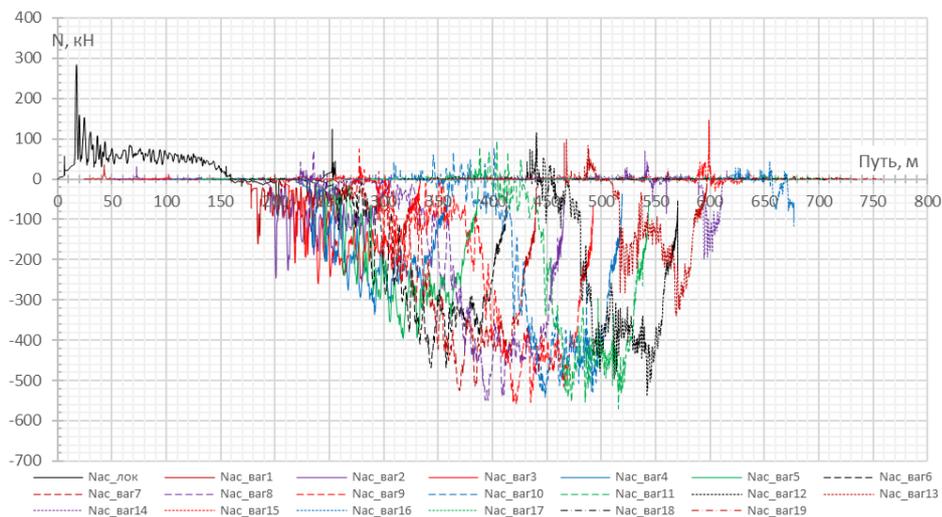


Рис. 7 – Продольные силы на хвостовых автосцепках (вариант №2)
 Fig. 7 – Longitudinal forces on tail automatic couplings (option No. 2)

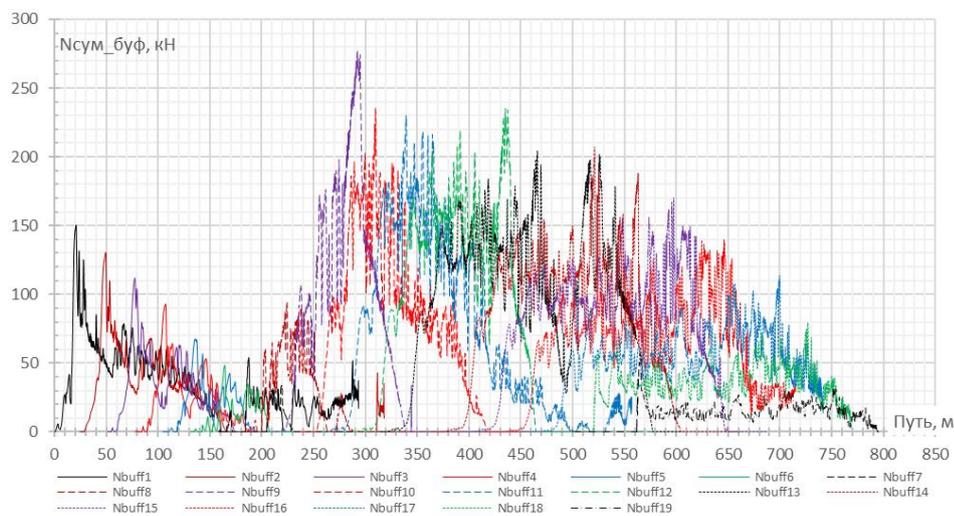


Рис. 8 – Суммарные продольные силы на хвостовых буферах (вариант №1)
 Fig. 8 – The total longitudinal forces on the tail buffers (option No. 1)

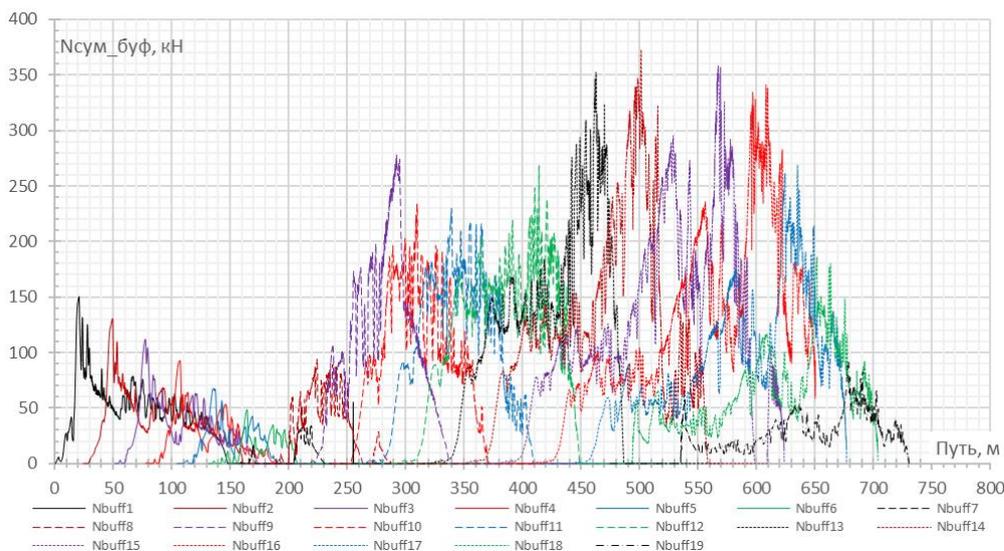


Рис. 9 – Суммарные продольные силы на хвостовых буферах (вариант №2)
 Fig. 9 – The total longitudinal forces on the tail buffers (option No. 2)

Анализ продольных сил в хвостовых автосцепках и суммарных продольных сил хвостовых в буферах локомотива и вагонов показал, что силы дополнительного сопротивления движению поезда, возникающие после схода колес с рельсов, способствуют постепенному возникновению сил растяжения в автосцепках передних вагонов. При варианте №1 продольный растягивающий эффект не достигает локомотива, а при варианте №2 растягивающий эффект достигает локомотива через 150 метров после схода вагона №8, что соответствует проезду вагонов №№13-14 места схода.

Первые скачки сжимающих и растягивающих сил во всех трех рассматриваемых вариантах, соответствуют хвостовой автосцепке и буферам вагона №9, поскольку после схода 3-ей и 4-ой колесных пар вагона №8 и всех колесных пар вагона №9 последующие еще не сошедшие вагоны набегают и создают силу сжатия, при том, что передняя часть движется со скоростью чуть большей, чем данный вагон и создает силу растяжения.

Для наглядности рассмотрим графики снижения скоростей движения локомотива и вагонов (рис. 10-11).

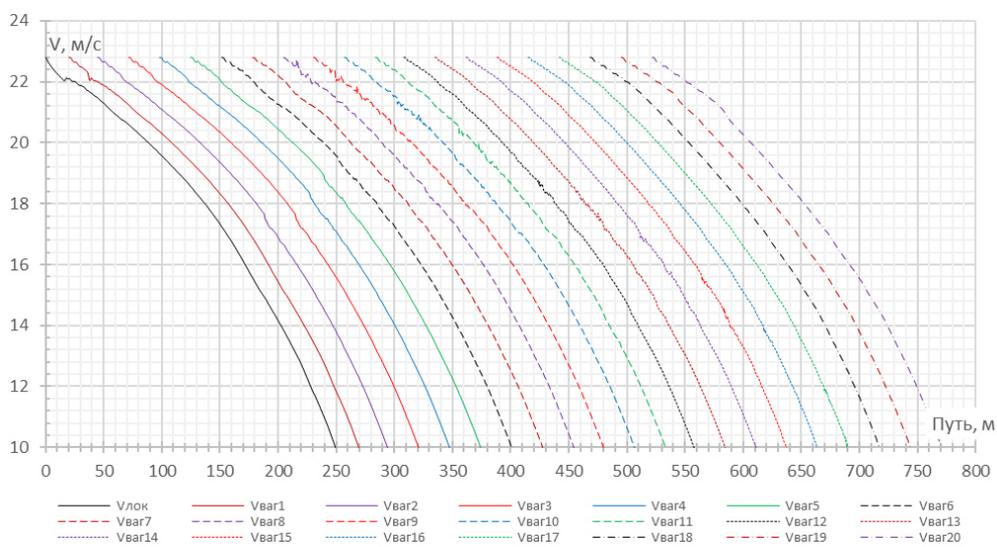


Рис. 10 – График снижения скоростей локомотива и вагонов (вариант №1)
 Fig. 10 – Schedule for reducing the speeds of the locomotive and wagons (option No. 1)

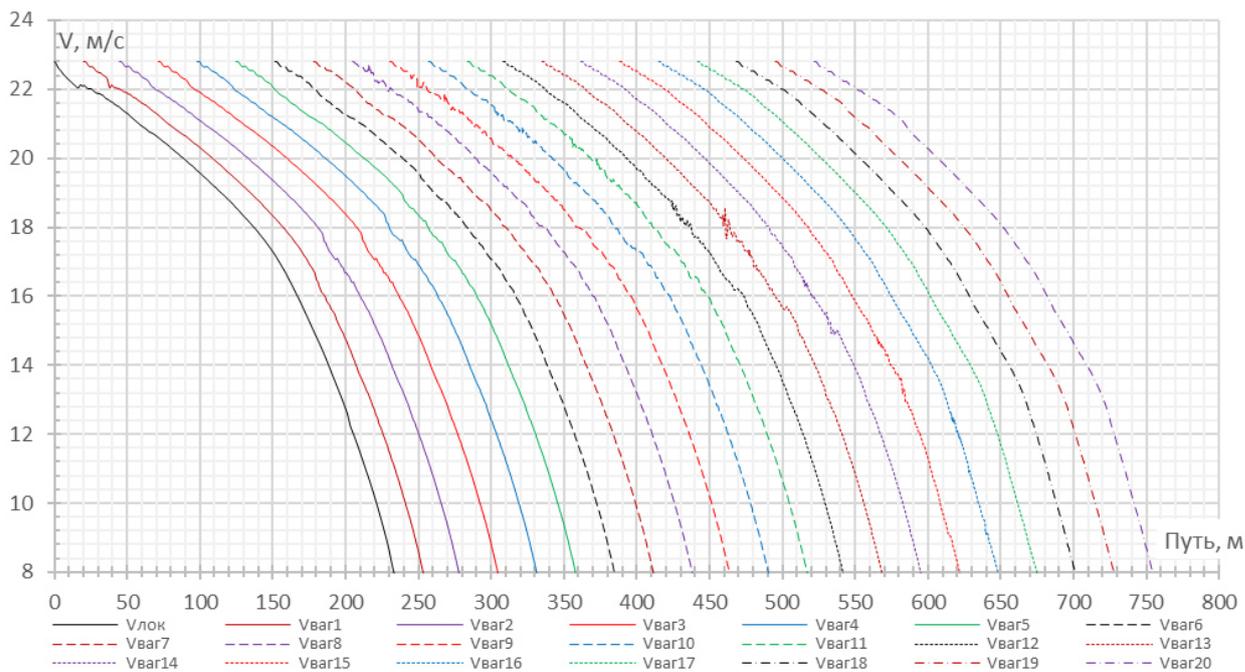


Рис. 11 – График снижения скоростей локомотива и вагонов (вариант №2)
 Fig. 11 – Schedule for reducing the speeds of the locomotive and wagons (option No. 2)

Из графиков снижения скоростей видно, что с увеличением сил дополнительного сопротивления движению более заметными становятся и рывки. Особо это заметно при варианте №3, когда вагоны №12 и 13 сходят с рельсов.

Выводы. Компьютерная (имитационная) модель поезда,

разработанная в рамках данной работы, позволяет имитировать движение сошедших вагонов поезда и может быть использована при расследовании случаев схода, аварий и т.п., где необходимо выполнить оценку продольно динамических усилий между вагонами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Марье Г. Взаимодействие пути и подвижного состава. Перевод под редакцией Н.А. Бредихина, Н.Т. Минюшина и Ф.В. Пугачевского. - М.: Госжелдориздат, 1933, с.338
- [2] Адильханов Е.Г., Жакупов К.Б., Секерова Ш.А. Определение тормозного пути пассажирского поезда в программном комплексе «Универсальный механизм» / Е.Г. Адильханов и др./ Вестник КазАТК. – 2019. – №3. С. 56-64.
- [3] Универсальный механизм 8. Техническое руководство. Механическая система как объект моделирования/Брянск: БГТУ, – 2016. – 133.

REFERENCES

- [1] [1] Mar'e G. *Vzaimodejstvie puti i podvizhnogo sostava*. [In Russian: The interaction of the track and rolling stock.]. Perevod pod redakciej N.A. Bredihina, N.T. Minjushina i F.V. Pugachevskogo. M.: Goszheldorizdat, 1933, s.338
- [2] [2] Adil'hanov, E.G., Zhakupov, K.B., Sekerova, Sh.A. *Opredelenie tormoznogo puti passazhirskogo poezda v programnom komplekse «Universal'nyj mehanizm»* [In Russian: Determining the stopping distance of a passenger train in the Universal Mechanism software package]E.G. Adil'hanov i dr./ Vestnik KazATK. – 2019. – №3. S. 56-64.
- [3] [3] *Universal'nyj mehanizm 8. Tehnicheskoe rukovodstvo. Mehanicheskaja sistema kak ob'ekt modelirovanija*[In Russian: Universal Mechanism 8. Technical Manual. Mechanical system as an object of modeling] Brjansk: BGTU, – 2016. – 133.

ОЦЕНКА ПРОДОЛЬНЫХ УСИЛИЙ МЕЖДУ ВАГОНАМИ ПАССАЖИРСКОГО ПОЕЗДА, ДВИЖУЩЕГОСЯ В СОШЕДШЕМ СОСТОЯНИИ

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., доцент Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, zhakupov_kairat@mail.ru

Секерова Шолпан Абилхасимовна, ассистент преподавателя, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева, г.Алматы, Казахстан, sholpan_0184@mail.ru

ТҰРАҚТЫ КОНТАКТІЛІ БҮЙІР ТІРЕКТЕРІ БАР РЕССОРҮСТІ АРҚАЛЫҚТАРДЫҢ КЕРНЕУЛІ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ

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., доцент М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, zhakupov_kairat@mail.ru

Секерова Шолпан Абилхасимовна, оқытушы, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, sholpan_0184@mail.ru

Аңдатпа. Мақала "Әмбебап механизм" бағдарламалық кешенінде шпалдар, балласт пен рельстердің бетімен доңғалақтар түскеннен кейін жолаушылар поезының қозғалысын компьютерлік (имитациялық) модельдеу мәселелеріне арналған. Модельде пойыздың доңғалақ жұптарының балластпен өзара әрекеттесуінен туындайтын қозғалысқа кедергі күштері ескерілген. Вагондар мен локомотивтердің модельдерінде бөлшектер мен тораптардың координаталардың алты бағытындағы орын ауыстырулары ескерілді. Сондай-ақ бойлық күштерді есепке алу үшін кернеулі және буферлік құрылғылар үлгілендірілді.

Түйінді сөздер: қозғалыс қауіпсіздігі, жолаушылар вагондары, компьютерлік моделдеу, рельстерден доңғалақтардың түсу

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 138-144

CONSIDERATION OF OPTIMIZATION OF THE MAIN PARAMETERS OF HOPPER CARS

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

Rita Kibitova, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; kibitova.rita@mail.ru;

Tokmurzina- Kobernyak Natalya, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; natalitokmur@mail.ru;

Nurgul Suleeva, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; nur_1912@mail.ru

Abstract: The article deals with the problem of reducing the technical and economic indicators of the use of specialized wagons for the transportation of bulk cargo due to their non-compliance with the properties of transported goods, which does not allow to cover the entire range of transported bulk cargo. To solve this problem, studies are conducted to select the optimal parameters of hopper cars taking into account the physical properties of the transported goods. The correct choice of the main parameters of the studied cars is based on the account of many factors characterizing the development of the country and its Railways. For choice of car with optimal key parameters on the presented methodology the calculation of operating costs, capital investment, and reduced costs, for at least the last to select the best design. This approach to the choice of parameters of promising structures allows to take into account all factors that significantly affect the definition of a given economic cost. This takes into account the importance of the size of the rolling stock, the design features of the body, the conditions of passage of small radius curves and humps of sorting slides, traffic safety and stability from tipping and squeezing longitudinal forces when braking the train.

Keywords: Special wagons, bulk cargo, hoppers, algorithm, optimization of parameters.

ӘОЖ 629.45/46(075)

Н.В. Ивановцева¹, Р.К. Кибитова¹, Н.А. Токмурзина-Коберняк¹, Н.З. Сүлеева¹
¹М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ХОППЕР ВАГОНДАРДЫҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ МӘСЕЛЕСІН ҚАРАСТЫРУ

Аңдатпа: Мақалада сусымалы жүктерді тасымалдау үшін арнайыланған вагондарды пайдаланудың техникалық-экономикалық көрсеткіштерін олардың тасымалдайтын жүктерінің қасиеттеріне сәйкес келмеуі есебінен төмендету мәселесі қарастырылған, бұл тасымалданатын сусымалы жүктердің барлық номенклатурасын қамтуға мүмкіндік бермейді. Осы проблеманы шешу үшін тасымалданатын жүктердің физикалық қасиеттерін ескере отырып, хоппер типті вагондардың оңтайлы параметрлерін таңдау бойынша зерттеулер жүргізіледі. Зерттелетін вагондардың негізгі параметрлерін дұрыс таңдау елдің және оның темір жолдарының дамуын сипаттайтын көптеген факторларды есепке алуға негізделеді. Ұсынылған әдістеме бойынша оңтайлы негізгі параметрлері бар вагонды таңдау үшін пайдалану шығындарын, күрделі салымдарды және келтірілген шығындарды есептеу жүргізіледі, соңғылардың ең аз мөлшері бойынша құрылымның оңтайлы нұсқасы таңдалады. Келешегі бар құрылымдардың параметрлерін таңдаудың мұндай тәсілі келтірілген халықтық-шаруашылық шығындарды анықтауға елеулі әсер ететін барлық факторларды ескеруге мүмкіндік береді. Сол кезде жылжымалы құрам габаритінің маңыздылығы, шанақтың құрылымдық ерекшеліктері, вагондардың кіші радиус қисығы мен сұрыптау дөңестерінен өту жағдайлары, қозғалыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету және поезды тежеу кезінде бойлық күштер әсерінен аударылу және сығылу тұрақтылығы ескеріледі.

Түйінді сөздер: арнайы вагондар, сусымалы жүктер, хопперлер, алгоритм, параметрлерді оңтайландыру.

Жүк тасымалы саласындағы техникалық прогресс арнайыланған вагондар мен контейнерлердің көптеген түрлерінің пайда болуымен, жүктің жоғары қауіпсіздігін қамтамасыз етумен, жүк операцияларын жылдамдатуы және арзандатуымен, еңбек шығындары және тасымалдау шығындарын азайтумен сипатталады.

Өз кезегінде, вагон паркіне сусымалы жүктерді тасымалдауға арналған бірқатар арнайыланған вагондарды қосу әрдайым тасымалданатын жүктердің барлық түрін қамтуға мүмкіндік бермейді, және жүктерді тасымалданатын тауарлардың қасиеттеріне, олардың параметрлеріне сәйкес келмейтін вагондарда тасымалдау олардың техникалық және экономикалық көрсеткіштерінің төмендеуіне әкеледі.

Осы мәселелерді шешу үшін, жүктердің физикалық қасиеттерін ескере отырып, хоппер типіндегі вагондар үшін

оңтайлы параметрлерді таңдау бойынша зерттеулер жүргізілді.

Зерттелетін вагондардың негізгі параметрлерін дұрыс таңдау елдің және оның темір жолдарының дамуын сипаттайтын көптеген факторларға негізделген. Бұл факторлар вагонның параметрлеріне әр түрлі әсер етеді, ал кейбір тәуелділіктер даулы. Сондықтан вагонның оңтайлы параметрлерін таңдау жобаланған вагонның құрылымдық ерекшеліктерін және оны пайдалану шарттарын сипаттайтын айқындаушы индикаторды азайту арқылы жүзеге асырылады.

Алгоритмді құрастыру кезінде құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты алты вагон түрі қарастырылған. Қарастырылып отырған вагонның әр түрі өзіне тән сипаттамаларға ие:

1. HOPPER K1 - жабық вагон, рельс арасы кеңістігіне түсіру (түсірудің бірінші әдісі).

2. HOPPER K2 - жабық вагон, бүйіріне түсіру (екінші түсіру әдісі, тұтас бункер).

3. HOPPER 1 - шатыры жоқ вагон, рельс арасы кеңістігіне түсіру.

4. HOPPER 2 - шатыры жоқ вагон, бүйіріне түсіру (тұтас бункер).

5. HOPPER K3 - жабық вагон, бүйіріне түсіру, түсіру бункері бөлімдерден тұрады (түсірудің үшінші әдісі).

6. HOPPER 3 - шатыры жоқ вагон, бүйіріне түсіру, түсіру бункері бөлімдерден тұрады.

Айқындаушы индикатор ретінде халықтық-шаруашылық шығындар қабылданды, және проблеманы шешу физикалық негізделген шектердегі бес тәуелсіз айнымалыдағы кейбір объективті функция ретінде қысқартылған халықтық шаруашылық шығындардың минималды функциясын табуға дейін азаяды [1].

$$C_{np} = f(P_{cm}, P_{dun}, \bar{q}_{nn}, K_{mn}, P_0) \quad (1)$$

Параметрлердің $P_{cm}, P_{dun}, \bar{q}_{nn}, K_{mn}, P_0$ төмендетілген шығындардың қалаған функциясына әсері пайдалану шығындары мен күрделі салымдарды сипаттайтын есептегіштер жүйесі арқылы анықталады, бұл өз кезегінде вагонның негізгі параметрлеріне P, T, V тәуелді, яғни.

$$\begin{aligned} P_{cm} &= \varphi_1(P, T, V); \\ P_{dun} &= \varphi_2(P, T, V); \\ \bar{q}_{nn} &= \varphi_3(P, T, V); \\ K_{mn} &= \varphi_4(P, T, V); \bar{P}_0 = \varphi_5(P, T, V) \end{aligned} \quad (2)$$

Сол кезде шектеуші факторлар ретінде жылжымалы құрамның габариті $2B_0$, брутто ұзындық жүктемесінің q_{mn} және біліктік жүктеменің q_0 мөлшері, жол табан өлшемі $2S$, сондай-ақ вагон құрылымының жүріс бөліктерінің және тасымалданатын жүктің сипаттамасы қолданылады.

Негізгі тәуелсіз параметр ретінде хоппер типіндегі вагон шанағының құрылымдық ерекшеліктері, тасымалданатын жүкті қанағаттандырарлық түрде түсіруге қабілетті оның түсіру құрылғылары, жүк түсіретін люктің төменгі бөлігіндегі ұзындығы, шанақтың шет қабырғасының еңіс бұрышы $\alpha_{ок}$ мен бункердің шет қабырғасының еңіс бұрышы $\alpha_{об}$, шанақ биіктігі $H_е$ қабылданады. Тәуелсіз айнымалыларды $L_б, \alpha_{ок}, \alpha_{об}, H_е$ өзгерте отырып, шанақтың геометриялық параметрлерін, оның көлемін, тарасын, жүк көтерімділігін анықтауға болады, яғни жылжымалы құрамның берілген габаритіне зерттелетін нұсқаның ендірілуін тексерген кезде тәуелсіз айнымалылар мен вагонның негізгі параметрлері арасында: вагон тарасы T , жүк көтерімділік P және шанақ көлемі V арасында функционалды байланыс орнатылады:

$$\begin{aligned} T &= f_1(L_б \alpha_{ок}, \alpha_{об}, H_е); \\ V &= f_2(L_б \alpha_{ок}, \alpha_{об}, H_е); \\ P &= f_3(L_б \alpha_{ок}, \alpha_{об}, H_е) \end{aligned} \quad (3)$$

Бұл жағдайда хоппер шанағының геометриялық көлемі формула бойынша анықталады (1-сурет)

$$V_к = B_е \left\{ L_n H_е + (L_е - L_n)^2 \right\} - \frac{1}{2} \epsilon_{npr} \cdot \Delta P L_n - \Delta V \quad (4)$$

мұнда $B_е$ – шанақ ені; $L_е, L_n$ – үстіңгі және төменгі көмкермеге сәйкесінше шанақ

ұзындығы және тәуелділіктер бойынша тәуелсіз параметрлерге қатысты:

$$L_е = L_n + 2(H_е - \Delta H) / \operatorname{tg} \alpha_{ок} \quad (5)$$

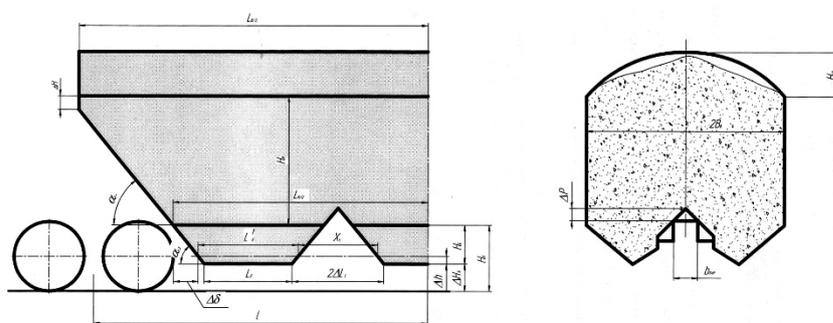
$$L_n = 2l - 2l_{T1} - 2l_{T2} - D_{cp} - 2\Delta\delta + \frac{2H_е - \Delta H}{\operatorname{tg} \alpha_{ок}} - 2\Delta_{наб} \quad (6)$$

мұнда ϵ_{nxp} – жоталық арқалықтың үстіңгі сөресінің ені;

$$\Delta P = \frac{\epsilon_{nxp}}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{об} \quad (7)$$

ΔH – шанақтың шет қабырғасы тік учаскесінің биіктігі; $\Delta P=0$ – жүкті түсірудің екінші тәсілі үшін;
 $\Delta V = \frac{1}{2} \epsilon_{nxp} \Delta P B_{\sigma} (\frac{n_{\sigma}}{2} - 1)$ – жүкті түсірудің бірінші тәсілі үшін, L_{σ} – жүк түсіретін люктің төменгі жағының ұзындығы; L_{δ}^1 – дөңгелектің горизонталды диаметрінің

деңгейінде жүк түсіретін люктің ұзындығы; $\alpha_{іә}$ – шанақтың шет қабырғасының еңіс бұрышы; H_{σ} – бункер биіктігі; $H_{кр}$ – вагон шанағы шатырының биіктігі; $\alpha_{іа}$ – бункердің шет қабырғасының еңіс бұрышы; b_{np} – жоталық арқалықтың үстіңгі сөресінің ені; H_{σ} – шанақ биіктігі; ΔH – шанақтың шет қабырғасының вертикалды учаскесінің биіктігі; $2B_{\sigma}$ – шанақтың ішкі ені; L_{σ} , L_{h} – шанақтың үстіңгі және төменгі көмкермесінің сәйкесінше ұзындығы; $\Delta \delta$ – дөңгелектің құрсауынан жақынырақ орналасқан бункер элементіне дейінгі қашықтық.



1 – сур. Рельс арасындағы кеңістікке жүктің түсірілуімен вагон-хоппердің ұтымды параметрлерін таңдауға арналған есептік модель

Fig. 1 – Calculation model for selection of optimal parameters of hopper car with unloading into inter-rail space

Рельс арасына жүк түсіру түрі үшін бункерлер алып жатқан геометриялық көлем келесі өрнекпен анықталады:

$$V_{\sigma} = \frac{2}{3} B_{\sigma} H_{\sigma} \Delta L + \frac{1}{2} B_{\sigma} H_{\sigma} (L_{\sigma} - 2\Delta_{наб}) \cdot n_{\sigma} \quad (8)$$

мұнда $\Delta L = \frac{L_{\sigma}^e - (L_{\sigma} - 2\Delta_{наб})}{2}$, мұнда

$$L_{\sigma}^e = \frac{H_{\sigma}}{\operatorname{tg} \alpha_{об}}; \quad H_{\sigma} - \text{бункердің биіктігі}$$

жоталық арқалықтың үстіңгі сөресіне дейін анықталады; $\alpha_{іа}$ – бункер негізі мен оның

сыртқы қабырғасы арасындағы бұрыш; $\alpha_{ок}$ – бункер негізі мен оның ішкі қабырғасы арасындағы бұрыш; L_{σ} – үстіңгі түзілім бойынша жолдың осін бойлай жүк түсіру қондырғысының ұзындығы; B_{σ} – жоталық

арқалықтың үстіңгі сөресінің деңгейінде бункер ені;

$$B_{\sigma} = \frac{2B_{\sigma} - \epsilon_{nxp}}{2} \quad (9)$$

$\Delta_{іаа}$ – бункер қабырғасының жинау қалыңдығы

Жүкті бүйіріне түсірген кезде бункер көлемін формула бойынша есептеуге болады:

$$V_{\sigma} = \frac{1}{2} B_{\sigma} H_{\sigma} (L_{\sigma} - 2\Delta_{наб}) n_{\sigma} \quad (10)$$

мұнда n_{σ} – жүк түсірудің екінші және үшінші әдісінде вагон шанағында бункерлер саны.

Зерттелетін вагондардың оңтайлы параметрлерін таңдау кезінде шатырдың

конструкциясы вагондардың әрбір үш түрі үшін (HOPPER K1, HOPPER K2, HOPPER K3) біріздендірілген элемент болып табылатындықтан, онда шатырдың алып отырған көлемі вагондардың барлық осы түрлері үшін өрнекпен анықталады:

$$V_{кр} = \frac{2}{3} H_{кр} L_{кр} B_{кр} \quad (11)$$

$$T = 2L_n P_k + 2L_{об} P_{об} + 4 \left[\Delta H \frac{L_{\delta} - L_n}{2} + \frac{1}{2} H_{\delta} \frac{L_{\delta} - L_n}{2} \right] \cdot \delta_{лк} \gamma + 2B_k \gamma \left(\varphi + \frac{1}{\sin \alpha_k} \right) \Delta_T (H_{\delta} - \Delta H) + T_{кр}, \quad (12)$$

мұнда P_k - шанақ қаптамасының гофрленген бетінің ұзындық массасы; $P_{об}$ - үстіңгі көмкерменің ұзындық массасы; Δ_T - шанақтың шет қабырға қаптамасының қалыңдығы; $2L_{об}$ - жоғарғы көмкерменің қалыңдығы тәуелсіз айнымалы функциясы $\alpha_{ок}$ болып табылады, H_{δ} , $2l$; $\delta_{лк}$ - шанақтың шеткі бетінің қалыңдығы; γ - шанақ металының меншікті салмағы; B_k - шанақ ені; φ - шанақтың вертикалды учаскесінің бөлігін ескеретін коэффициент.

$$T_{кр} = t_{кр} \cdot L_p,$$

мұнда L_p - вагонның рама бойынша ұзындығы.

Жүк түсірудің бірінші әдісінде жүк түсіретін бункердің тарасы:

$$T_{\delta} = (2S_{\delta\delta} + 2S_{мор\delta}) \delta_l \gamma_l,$$

мұнда $2S_{\delta\delta} = \frac{(L_{\delta}^s + L_{\delta}^e) \cdot (L_{\delta}^s - L_{\delta}^e)}{2} tg \alpha_{\delta\delta};$

$$2S_{мор\delta} = \frac{B_{\delta} tg \alpha_{\delta\delta} B_{\delta}}{1 + tg \alpha_{\delta\delta} / tg \alpha_2}; L_{\delta}^s = L_{\delta} 2 \frac{H_{\delta}}{tg \alpha_{\delta\delta}}$$

Түсірудің екінші және үшінші әдістері кезінде жүк түсіру бункерінің тарасы бункердің ұзындығына және олардың санына байланысты, бұл тәуелділік түрі бұлай:

мұнда $L_{кр}$, $B_{кр}$ - шатырдың сәйкесінше ұзындығы мен ені

Аталған тәуелсіз айнымалыларға тәуелді екінші негізгі параметр – шанақ және жүк түсіру қондырғыларының тарасы, олар үшін функционалды тәуелділіктің түрі:

$$T_{\delta} = P_{кр\delta} l_{кр\delta} n_{\delta} + P_{\delta} l_{\delta} n_{\delta},$$

мұнда $P_{кр\delta}$ - жүк түсіру қондырғысы қақпағының ұзындық массасы; $l_{кр\delta}$ - бункер қақпағының ұзындығы; P_{δ} , l_{δ} - сәйкесінше бункердің ұзындық массасы және оның ұзындығы.

Вагондардың қарастырылатын нұсқаларының құрылымдық айырмашылықтарына байланысты олардың базасын арбаша дөңгелегінің көлденең диаметрінің деңгейінде анықтаған жөн:

а) түсірудің бірінші әдісі үшін базаны анықтау үшін келесі өрнек түрін қабылдайды:

$$2l = 2l_{T1} + 2l_{T2} + D_{кр} + \frac{n_{\delta}}{2} L'_{\delta} + \left(\frac{n_{\delta}}{2} - 1 \right) x_L + 2\Delta\delta,$$

мұнда $2l_{T1}$, $2l_{T2}$ - сәйкесінше екі білікті және төрт білікті арбашаның базасы;

$D_{кр}$ - құрсаудың төбесі бойынша дөңгелектің номиналды диаметрі;

$$x_L = \left(1 - \frac{\Delta h}{H_{\delta} + \Delta P} \right) 2\Delta L_L;$$

$$\Delta h = \frac{D_{кр}}{2} - \Delta H_{\delta}; \quad \Delta H_{\delta} = H_n - H_{\delta};$$

$$\Delta L_L = \frac{H_{\delta} + \Delta P}{tg \alpha_{\delta\delta}};$$

H_n - рельс басы деңгейінен еден биіктігі;

$$L'_\delta = L_\delta + 2 \frac{\Delta h}{\operatorname{tg} \alpha_\delta} - \text{дөңгелек білігінің}$$

деңгейінде сыртқы беті бойынша бункер ұзындығы;

Δ_δ - дөңгелек құрсауынан жақынырақ орналасқан бункер элементіне дейінгі қашықтық.

б) жүк түсірудің екінші әдісі үшін тұтас бункер болғанда базаны анықтау үшін өрнек келесі түрде жазылады:

$$2l = 2l_{T1} + 2l_{T2} + D_{zp} + L_\delta + 2\Delta\delta.$$

в) секциялық бункер болғанда жүк түсірудің үшінші әдісі үшін

$$2l = 2l_{T1} + 2l_{T2} + D_{zp} + \frac{n_\delta}{2} L_\delta + \left(\frac{n_\delta}{2} - 1 \right) \Delta K_\delta + 2\Delta\delta.$$

мұнда ΔK_δ - бункерлер арасындағы қашықтық.

Зерттелетін хоппердің негізгі параметрлерін анықтағаннан кейін белгілі формулалар бойынша негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштерді анықтауға болады [2]:

$$\bar{P}_c = \frac{\sum a_i}{\sum P_{ci}}; \quad \bar{P}_{дин} = \frac{\sum a_i l_i}{\sum P_{ci} l_i};$$

$$\bar{q} = \frac{\bar{P}_{дин}}{2L_{об}}; \quad \bar{K}_n = \frac{T}{P_{дин}}; \quad P_o = \frac{T + \bar{P}_{дин}}{m_o}$$

Алынған техникалық-экономикалық көрсеткіштер жолдың қисық учаскелері бойынша қозғалыс кезінде вагонның аударылуынан және тежегіш кезінде пайдаланылатын бойлық күштермен поезд

құрамынан вагонның шығып кетуінен тұрақтылықты тексеруге мүмкіндік береді.

Бойлық күштермен сығудан орнықтылық коэффициенті және көлденең орнықтылық коэффициенті "Нормалар" бойынша анықталады. Белгіленген әдістеме [3] бойынша негізгі ұтымды параметрлерімен вагонды таңдау үшін пайдалану шығындары, күрделі салымдар және келтірілген шығындар есептеледі. Соңғылардың минимумы бойынша құрылымның ұтымды нұсқасы таңдалады.

Осылайша, іздестірілетін функция (1) күрделі логикалық және аналитикалық тәуелділіктерге ие және оны іздеу үшін келтірілген шығындардың минимумының белгілі бір саласында зерттелетін мақсатты функцияның әрекетін логикалық талдауға негізделген сандық әдіс қабылданған. L_b, H_b тәуелсіз дәлелдерін өзгертіп және негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштер мен келтірілген шығындар параметрлерінің сандық мәнін ала отырып, салыстыру арқылы құрылымның ең тиімді нұсқасын белгілеуге болады.

Перспективті құрылымдардың параметрлерін таңдайтын осындай тәсіл халықтық шаруашылық шығындарды анықтауға едәуір әсер ететін барлық факторларды ескеруге мүмкіндік береді. Сол кезде жылжымалы құрам габаритінің маңыздылығы, шанақтың құрылымдық ерекшеліктері, радиусы кіші бұрылыстардан және сұрыптау төбешіктерінен вагондардың өту шарты, қозғалыс қауіпсіздігі мен тежеу кезіндегі бойлық күштердің әсерінен поезддың төңкерілуінен тұрақтылықтың қамсыздандырылуы ескеріледі.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. Под. Ред. В.Н. Котуранова. - М.: Маршрут, 2005. – 490 с.
- [2] Конструирование и расчет вагонов: Учебник / Под ред. П.С. Анисимова.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: УМЦ по образованию на ж/д транспорте, 2011.- 688с.
- [3] Методика расчета экономически обоснованных цен на новые модели подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта. СТО ОПЖТ 24-2012. Москва НП «ОПЖТ» АНО «ИПЕМ», 2012. - 15 с.

REFERENCES

- [1] *Vagony. Osnovy konstruirovaniya i ekspertizy tekhnicheskikh reshenij* [in Russian: Wagons. Fundamentals of design and expertise of technical solutions: textbook for universities of railway transport] Under the general ed. V. N. Koturanov. - M.: The Route, 2005. – 490 p.

- [2] *Konstruivovanie i raschet vagonov: Uchebnik* [in Russian: Design and calculation of cars: Textbook] Under the general ed. P. S. Anisimova.- 2nd ed., Rev. and extra - M.: UMTS on education on railway transport, 2011.- 688 p.
- [3] *Metodika rascheta ekonomicheski obosnovannyh cen na novye modeli podvizhnogo sostava i slozhnyh tekhnicheskikh sistem zheleznodorozhnogo transporta STO OPZHT 24-2012.* [in Russian: Method of calculation of economically justified prices for new models of rolling stock and complex technical systems of railway transport (Industry standard " Association of railway equipment manufacturers")] Moscow NP "OPZHT" ANO "IPEM", 2012. - 15 p.

ХОППЕР ВАГОНДАРДЫҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ МӘСЕЛЕСІН ҚАРАСТЫРУ

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

Кибитова Рита Куримбаевна – т.ғ.к., профессор ассистенті М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; kibitova.rita@mail.ru;

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна – т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; natalitokmur@mail.ru;

Сүлеева Нұргүл Зинабдинқызы – т.ғ.к., профессор ассистенті М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; nur_1912@mail.ru

РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСА ОПТИМИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАГОНОВ ХОППЕРОВ

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

Кибитова Рита Куримбаевна – к.т.н., ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; kibitova.rita@mail.ru;

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна - к.т.н., ассоциированный профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; natalitokmur@mail.ru;

Сүлеева Нургуль Зинабдиновна – к.т.н., ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; nur_1912@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема снижения технико-экономических показателей использования специализированных вагонов для перевозки сыпучих грузов за счёт их несоответствия свойствам перевозимых грузов, что не позволяет охватить всю номенклатуру перевозимых сыпучих грузов. Для решения данной проблемы проводятся исследования по выбору оптимальных параметров вагонов типа хоппер с учётом физических свойств перевозимых грузов. Правильный выбор основных параметров исследуемых вагонов основывается на учёте многих факторов, характеризующих развитие страны и её железных дорог. Для выбора вагона с оптимальными основными параметрами по представленной методике проводится вычисление эксплуатационных расходов, капитальных вложений и приведённых затрат, по минимуму последних выбирается оптимальный вариант конструкции. Такой подход к выбору параметров перспективных конструкций позволяет учесть все факторы, существенно влияющие на определение приведённых народно-хозяйственных затрат. При этом учитывается важность габарита подвижного состава, конструктивные особенности кузова, условия прохода вагонами кривых малого радиуса и горбов сортировочных горок, обеспечения безопасности движения и устойчивости от опрокидывания и выжимания продольными силами при торможении поезда.

Ключевые слова: специальные вагоны, сыпучие грузы, хопперы, алгоритм, оптимизация параметров.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 145-153

ABOUT ESTABLISHMENT OF ESTIMATED CRITERIA OF TRAFFIC SAFETY ON ACCESS ROADS

ZHumangaliyev Kanat - Ph. D., Chairman Of the Board of the Association of railway branch owners of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; azhvk@mail.ru;

Akchabayev Ramazan -Deputy Chairman Of the Board of the Association of railway branch owners of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; azhvk@mail.ru;

Tokmurzina- Kobernyak Natalya, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; natalitokmur@mail.ru;

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

Abstract: The article analyzes the Reporting Data of the Traffic Safety Department of JSC “NC KTZ” on the topic “Analysis of the state of traffic safety on access roads” for the last three years in order to identify the main causes of traffic safety violations on access roads and identifies the causes of rolling stock gatherings on access roads. It was revealed that violations related to the improper performance of their duties, ignorance or non-compliance with official duties, instructions and others, i.e. with violations caused by the human factor, an average of 20% of the total number of violations. Practice shows that ensuring traffic safety on access roads is largely determined by the level of awareness of the responsibility of the branch owner for the quality of the services provided.

The question of the appropriateness of introducing a safety certificate for branch owners, designed to improve traffic safety on access roads, is considered.

The presented algorithm for the procedure for issuing a safety certificate to a branch owner will allow ranking of branch owners or road sections and determining criteria for assessing the level of ensuring the safety of train traffic (relative safety indicators). The proposed assessment criteria make it possible to assess the organization of traffic safety on the access roads of the branch owners not only by the number of gatherings, but also take into account the influence of such parameters as the length and number of access roads of each branch owner. It is proposed to use this scheme for assessing the level of safety on access roads for each branch owner when issuing a safety certificate

Keywords: railway track, branch owners, assessment, safety criteria, safety certificate.

УДК 629.4.027.2

**К.Е. Жумангалиев¹, Р.Т. Акчабаев¹, Н.А. Токмурзина-Коберняк²,
Н.В. Ивановцева²**

¹Ассоциация железнодорожных ветвевладельцев Республики Казахстан

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

ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ОЦЕНОЧНЫХ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЯХ

Аннотация. В статье выполнен анализ отчетных данных Департамента безопасности движения АО «НК «КТЖ» на тему «Анализ состояния безопасности движения на подъездных путях» за три последних года с целью определения основных причин нарушений безопасности движения на подъездных путях и выявлены причины сходов подвижного состава на подъездных путях. Выявлено, что нарушения, связанные с недолжным исполнением своих обязанностей, незнанием или несоблюдением должностных обязанностей, инструкций и прочими, т.е. с нарушениями, обусловленными человеческим фактором, составляют в среднем 20% от общего количества нарушений. Представленный алгоритм порядка выдачи сертификата безопасности ветвевладельцу, позволит производить ранжирование ветвевладельцев или отделений дороги и определять критерии оценки уровня обеспечения безопасности движения поездов (относительные

показатели безопасности). Предложенные оценочные критерии позволяют оценить организацию безопасности движения на подъездных путях ветвевладельцев не только по количеству сходов, но и учесть влияние таких параметров как длина и количество подъездных путей каждого ветвевладельца. Предлагается применение данной схемы оценки уровня безопасности на подъездных путях применительно к каждому ветвевладельцу при выдаче сертификата безопасности.

Ключевые слова: железнодорожный путь, ветвевладельцы, оценка, критерии безопасности, сертификат безопасности.

В Казахстане насчитывается 3474 подъездных путей общей протяженностью 15, 192 тысяч километров. АО «НК «ҚТЖ» заключило 2906 договоров с промышленными предприятиями и частными лицами. Предусмотрена возможность заключения следующих договоров между АО «НК «ҚТЖ» и ветвевладельцами:

- договор на оказание услуг по предоставлению подъездного пути для проезда подвижного состава при условии отсутствия конкурентного подъездного пути;

- договор на оказание услуг по предоставлению подъездного пути для маневровых работ, погрузки-выгрузки, других технологических операций перевозочного процесса, а также для стоянки подвижного состава, непредусмотренной технологическими операциями перевозочного процесса при условии отсутствия конкурентного подъездного пути.

Согласно Договору ветвевладелец должен обеспечить оказание услуг по предоставлению подъездного пути в соответствии с требованиями безопасности и технологических норм, а также требованиями к качеству предоставляемых услуг. Однако имеются нарекания к ветвевладельцам в вопросе обеспечения безопасности движения на вверенных им подъездных путях. Так, в 2017 году было выявлено 157 случаев нарушения безопасности движения на подъездных путях, а в 2018 году количество таких случаев возросло на 10% (таблица 1).

Безопасность движения обеспечивается надежной работой, исправным состоянием и резервированием основных технических средств

железнодорожного транспорта: сооружений и устройств железных дорог, подвижного состава, а также правильной организацией движения поездов (рисунок 1) [1].

По данным [2] установлено, что основные причины, по которым произошли крушения, аварии и брак, распределяются следующим образом:

- неудовлетворительное состояние пути – 20%;

- неграмотные действия локомотивной бригады – 10 %;

- повреждение ходовых частей вагонов- 70%.

Данная статистика относится к железнодорожным путям общего пользования. По-другому распределяются причины нарушения безопасности на подъездных путях необщего пользования.

С целью определения основных причин нарушений безопасности движения на подъездных путях были проанализированы Отчеты Департамента безопасности движения АО «НК «ҚТЖ» на тему «Анализ состояния безопасности движения на подъездных путях» за три последних года [3]. В таблице 1 представлены сведения о причинах сходов подвижного состава на подъездных путях.

Как видно из таблицы 1 основной причиной нарушений безопасности движения на подъездных путях являются неисправности железнодорожного пути. На их долю приходится более 70 % всех случаев нарушений безопасности движения (таблица 2). Далее идут нарушения порядка производства маневров (в среднем 10% от общего количества сходов за три года) и нарушения правил погрузки-выгрузки вагонов (в среднем 3%).



Рис. 1 – Составляющие безопасности движения поездов [1]
 Fig. 1 – Components of train safety [1]

Таблица 1 – Количество случаев нарушения безопасности движения на подъездных путях

Table 1 – Number of incidents of violation of traffic safety on access roads

№	Показатель	Количество нарушений безопасности движения		
		2017 г.	2018 г.	9 месяцев 2019 г.
1	Общее количество нарушений, в том числе по причине:	157	173	113
2	- неисправности подъездного пути	126	135	79
3	- нарушения технологии, ПТЭ, инструкций и т.д.	30	37	33
4	- дорожно-транспортное происшествие	1	1	1

Наименьшее число нарушений безопасности движения связано с нарушением габарита, ДТП, несоблюдением ПТЭ.

Нарушения, связанные с недолжным исполнением своих обязанностей,

незнанием или несоблюдением должностных обязанностей, инструкций и прочими, т.е. с нарушениями, обусловленными человеческим фактором, составляют в среднем 20% от общего количества нарушений.

Таблица 2 – Случаи нарушения безопасности движения на подъездных путях по причине неисправности подъездного пути

Table 2 – Cases of violation of traffic safety on access roads due to a malfunction of the access road

№	Показатель	Количество нарушений безопасности движения		
		2017 г.	2018 г.	9 месяцев 2019 г.
1	Общее количество нарушений, в том числе по причине:	126	135	79
2	- уширение пути, кустовая гнилость шпал, брусьев;	86	97	49
3	- неисправность пути;	21	27	15
4	- неприлегание остряка к рамному рельсу;	6	3	5
5	- напрессовка снегом, углём, бетоном	3		5
6	- излом рельса (остродефектный рельс, старая трещина в зоне болтовых отверстий)	5	4	5
7	- износ остряка	1		
8	- выброс пути	2	1	
9	- боковой износ рельса	1	2	
10	- разрыв стыка	1	1	

Основной причиной схода подвижного состава из-за провала колеса внутрь колеи является недопустимая величина уширения колеи, возникающего вследствие отжатия гребнем колеса одного из рельсов. При этом второе колесо проваливается внутрь колеи. Такой сход возможен лишь при одном из условий или их сочетании [4]:

- действие большой поперечной боковой силы от колеса, способной отжать рельс;

- недостаточное сопротивление такому отжатию рельса: недостаточная поперечная жесткость рельса; наличие ослабленных промежуточных рельсовых скреплений, которые не обеспечивают необходимую вертикальную и горизонтальную жесткость; кусты гнилых шпал;

- напрессовка снега между подошвой рельса и подкладкой.

Вероятность такого схода выше в крутых кривых, на деревянных шпалах, при рельсах Р50 и Р43 (невысокая поперечная жесткость), при костыльных скреплениях.

К другим неисправностям пути, приведших к сходу, относятся обратное возвышение внутренней нити кривого участка пути, перекося пути в плане,

отсутствие возвышения наружного рельса кривой по уровню, кустовая гнилость деревянных шпал и прочие (см. таблицу 2).

В таблице 3 приведено распределение сходов на подъездных путях промышленных предприятий по отделениям дороги.

Как видно из таблицы 3, наибольшее количество событий со сходом подвижного состава на подъездных путях промышленных предприятий в 2018 г. допущено на следующих отделениях грузовых перевозок: на НОД ГП1 – 30 случаев, НОД ГП4 – 27 случаев, НОД ГП2 – 24 случая.

В таблице 4 приведены основные сведения о подъездных путях и нарушениях безопасности, приведших к сходу подвижного состава по отделениям дороги.

Сопоставление данных таблицы 4 и рисунков 1-3 по длине и количеству подъездных путей с количеством сходов на них не позволяет точно выявить определенную закономерность между этими параметрами. Например, подъездные пути НОД ГП3 имеют самую большую протяженность подъездных путей (5457 км), а количество сходов на них в два раза ниже, чем на подъездных путях НОД ГП1 с общей протяженностью 628 км. НОД ГП1

и НОД ГП7 имеют примерно одинаковую протяженность подъездных путей, соответственно 678 км и 722 км, а количество сходов на них различаются в два раза. Из этого следует, что обеспечение

безопасности движения на подъездных путях в большей степени определяется уровнем осознания ответственности ветевладельца за качество предоставляемых услуг.

Таблица 3 – Распределение сходов на подъездных путях промышленных предприятий по отделениям дороги

Table 3 – Distribution of gatherings on access roads of industrial enterprises by road branches

№ п/п	Отделения дороги	Количество событий за 12 месяцев		Количество событий за 9 месяцев 2019 г.
		2017 г	2018 г.	
1	НОД ГП 1	16	30	16
2	НОД ГП 2	24	24	14
3	НОД ГП 3	13	7	6
4	НОД ГП 4	27	27	22
5	НОД ГП 5	12	6	5
6	НОД ГП 6	9	15	3
7	НОД ГП 7	19	12	12
8	НОД ГП 8	3	13	6
9	НОД ГП 9	10	10	2
10	НОД ГП 10	4	8	7
11	НОД ГП 11	1	8	9
12	НОД ГП 12	12	6	8
13	НОД ГП 13	7	3	3
14	НОД ГП 14		4	2
	Всего	157	173	113

В настоящее время ведутся споры о целесообразности ввода сертификата безопасности для ветевладельцев, призванного улучшить безопасность движения на подъездных путях.

Ассоциацией железнодорожных ветевладельцев Республики Казахстан в качестве оценочных критериев безопасности движения на подъездных путях предлагаются следующие показатели:

- среднее количество сходов по вине ветевладельца за расчетный период;

- относительное число сходов подвижного состава, приходящихся на 1 км подъездного пути ветевладельца;

- относительное число сходов подвижного состава, приходящихся на 1 подъездной путь ветевладельца.

Такой же подход к определению относительных показателей безопасности описан в [5].

Общая схема принятия решения о выдаче сертификата безопасности представлена на рисунке 2.

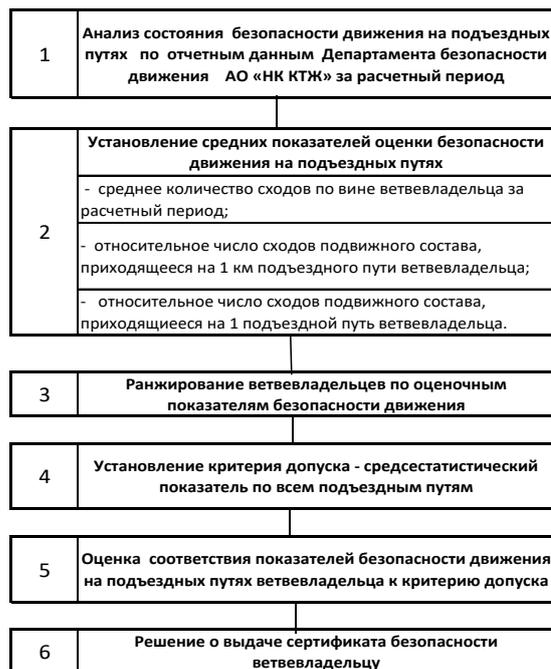


Рис. 2 – Алгоритм порядка выдачи сертификата безопасности ветвевладельцу
 Fig. 2 – Algorithm for issuing a security certificate to a branch owner

Данные рисунков 3-5 оценки уровня обеспечения безопасности позволяют проследить как производится движения поездов (относительные ранжирование ветвевладельцев или показатели безопасности) отделений дороги и определяются критерии

Таблица 4 – Основные сведения о подъездных путях и нарушениях безопасности, приведших к сходу подвижного состава по отделениям дороги

Table 4 – Basic information on access roads and safety violations that led to the descent of the rolling stock on the road sections

№	Наименование НОД ГП	Всего подъездных	Общая протяженность подъездных путей, км	Количество станций, ед.	Общее количество событий		
					2017 г.	2018 г.	среднее за 2 года
1	НОД ГП 1	478	678	55	16	30	23
2	НОД ГП 2	324	1158	46	26	27	26.5
3	НОД ГП 3	183	5457	31	14	6	10
4	НОД ГП 4	274	2327	46	26	28	27
5	НОД ГП 5	176	679	25	12	6	9
6	НОД ГП 6	168	312	18	9	15	12
7	НОД ГП 7	495	722	44	19	12	15.5
8	НОД ГП 8	246	751	32	3	13	8
9	НОД ГП 9	240	291	29	10	10	10
10	НОД ГП 10	185	620	23	4	8	6
11	НОД ГП 11	235	625	38	1	8	4.5
12	НОД ГП 12	137	199	19	12	6	9
13	НОД ГП 13	217	923	16	7	3	5
14	НОД ГП 14	116	458	20	0	4	2
	ИТОГО:	3474	15198.109	442	159	176	167.5

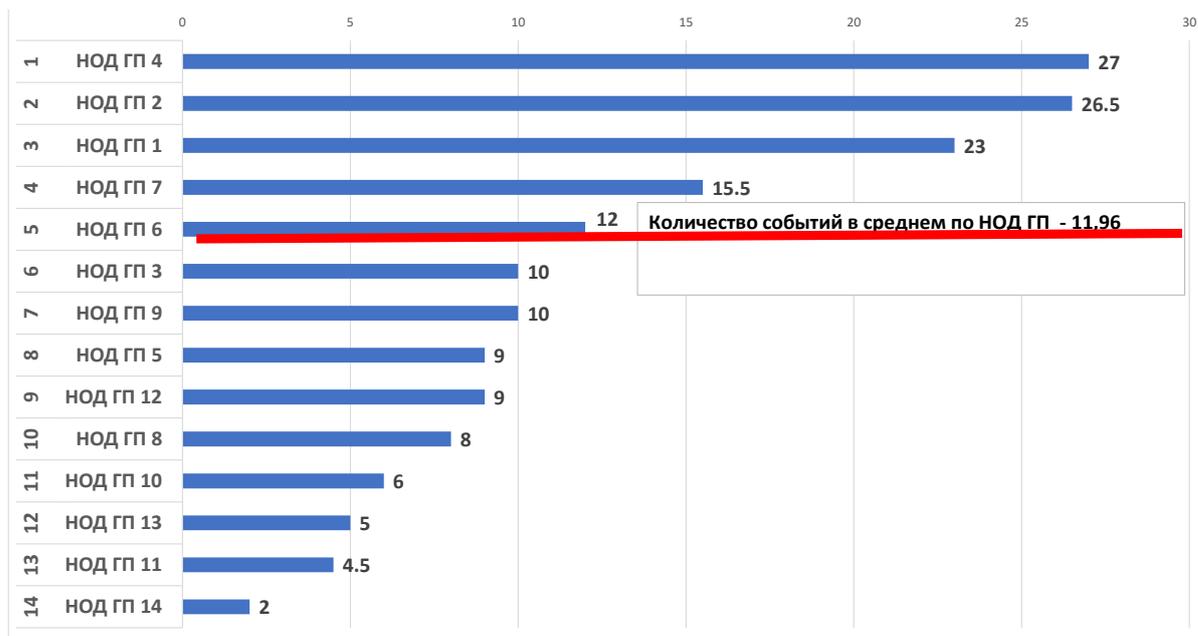


Рис. 3 – Ранжирование по количеству событий
 Fig. 3 – Ranking by number of events

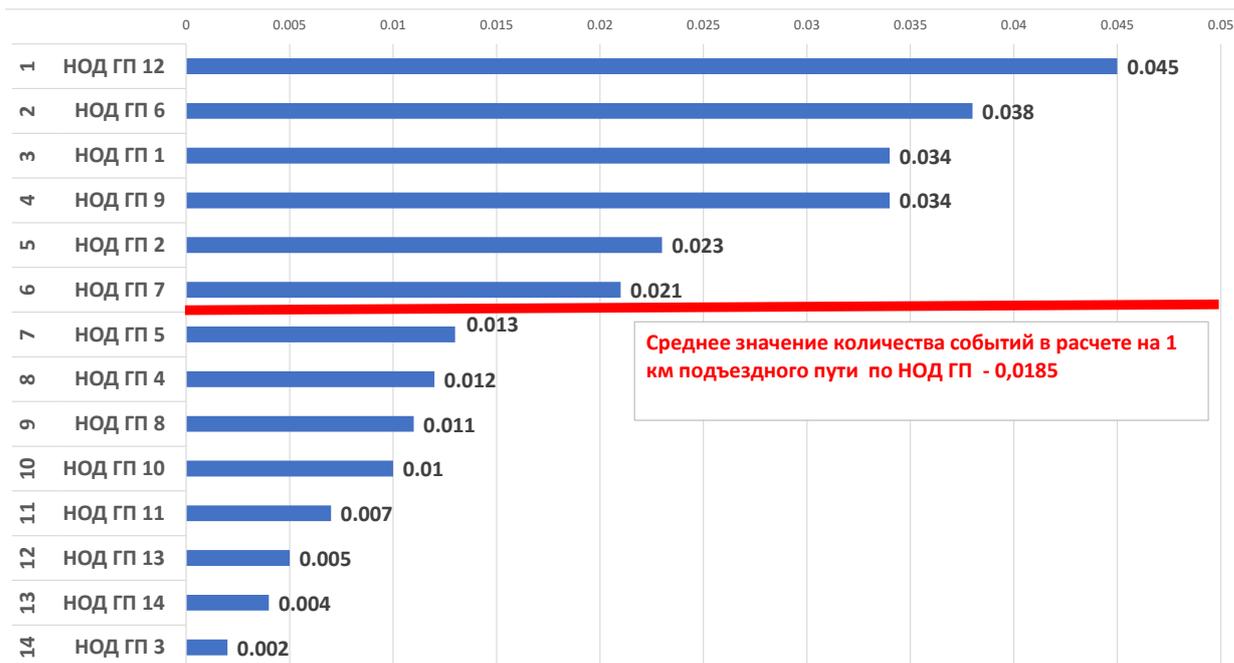


Рис. 4 – Ранжирование по количеству событий в расчете на 1 км подъездного пути
 Fig. 4 – Ranking by number of events per 1 km of driveway

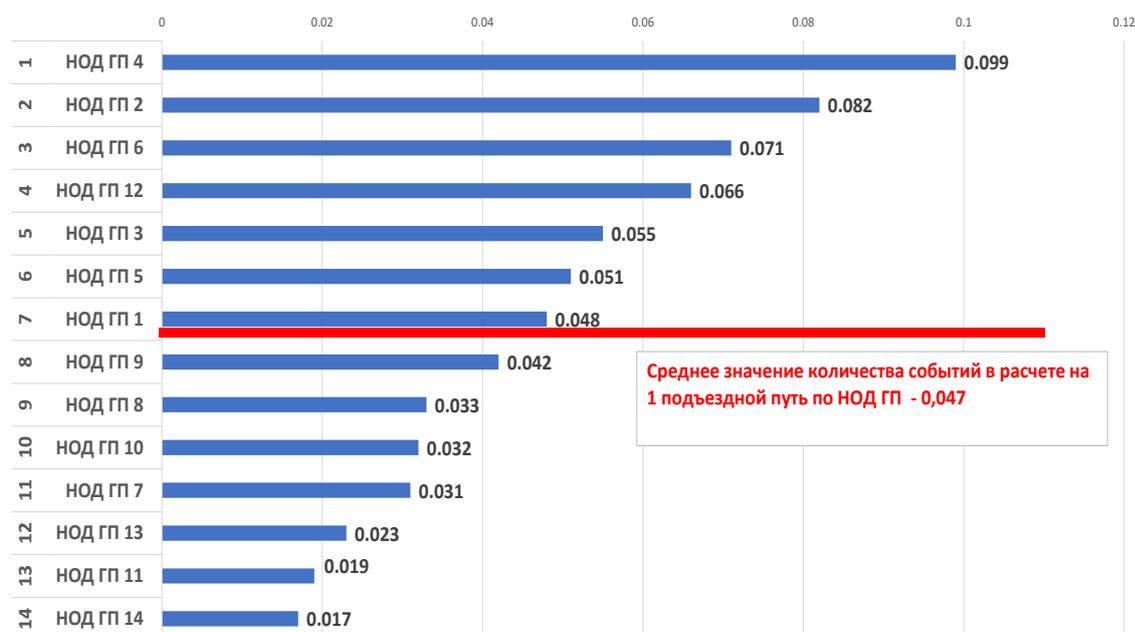


Рис. 5 – Ранжирование по среднему количеству событий в расчете на 1 подъездной путь
 Fig. 5 – Ranking by average number of events per 1 driveway

Например, безопасность движения тех НОД ГП, где относительные показатели ниже среднего, считать удовлетворительной. А обеспечение безопасности НОД ГП, где хотя бы один из показателей безопасности превышает среднестатистическое значение, считать неудовлетворительной (см. рисунки 2-4).

Так из рисунков 2-4 следует, что состояние безопасности движения на подъездных путях НОД ГП 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 12 можно признать неудовлетворительным; а показатели НОД ГП 5, 8, 10, 11, 13, 14 - удовлетворительным.

Такие оценочные критерии позволяют оценить организацию безопасности движения на подъездных путях ветвевладельцев не только по количеству сходов, но и учесть влияние таких параметров как длина и количество подъездных путей каждого ветвевладельца.

Авторами предлагается применение данной схемы оценки уровня безопасности на подъездных путях применительно к каждому ветвевладельцу при выдаче сертификата безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузнецов К. Б. Безопасность технологических процессов и производств: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – Москва: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. - 204 с.
- [2] Анализ состояния безопасности движения на подъездных путях. Отчеты Департамента безопасности движения АО «НК «КТЖ» за 2017-2019 г.
- [3] Прогрессивные технологии обеспечения безопасности движения поездов и сохранности перевозимых грузов: Монография /В.А. Гапанович, И.И. Галиев, Ю.И. Матяш, В.П. Клюка. – Москва: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008 г.– 220 с.
- [4] Почему разбиваются поезда. Евразия вестн. <http://www.eav.ru/publ1p.php?publid=2003-09a09>
- [5] Тишанин А.Г. Развитие менеджмента безопасности/ Журнал «Железнодорожный транспорт», № 11, 2011, стр. 9 – 13.

REFERENCES

- [1] Kuznecov K. B. *Bezopasnost' tekhnologicheskikh processov i proizvodstv: Uchebnoe posobie dlya vuzov zh.-d. transporta* [in Russian: Safety of technological processes and production]. Moscow: State Educational Institution “Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport”, 2008. - 204 p.

- [2] *Analiz sostoyaniya bezopasnosti dvizheniya na pod"ezdnyh putyah*. [in Russian: Analysis of the state of road safety on access roads]. Reports of the Department of Traffic Safety of JSC “NC KTZ” for 2017-2019.
- [3] *Progressivnye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti dvizheniya poezdov i sohrannosti perevozimyh gruzov: Monografiya* [in Russian: Progressive technologies for ensuring the safety of train traffic and the safety of transported goods] V.A. Gapanovich, I.I. Galiev, Yu.I. Matyash, V.P. Kluka. - Moscow: State Educational Institution “Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport”, 2008–220 p.
- [4] *Pochemu razbivayutsya poezda. Evraziya vesti* [in Russian: Why do trains crash. Eurasia to lead] <http://www.eav.ru/publ1p.php?publid=2003-09a09>
- [5] Tishanin A.G. *Razvitie menedzhmenta bezopasnosti* [in Russian: Security Management Development] Railway Transport Magazine, No. 11, 2011, pp. 9–13.

ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ОЦЕНОЧНЫХ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЯХ

Жуманғалиев Канат Есенханович – к.т.н., председатель Правления Ассоциации железнодорожных ветевладельцев Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан; azhvk@mail.ru;

Акчабаев Рамазан Тумарбекович – заместитель председателя Правления Ассоциации железнодорожных ветевладельцев Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан; azhvk@mail.ru;

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;

КІРМЕ ЖОЛДАРДА ҚОЗҒАЛЫС ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУДЫҢ КРИТЕРИЯЛАРЫН БЕЛГІЛЕУ ТУРАЛЫ

Жұманғалиев Канат Есенханович - т.ғ.к., Қазақстан Республикасының темір жол тармақ иелері Қауымдастығының Басқарма төрағасы, Алматы, Қазақстан; azhvk@mail.ru;

Ақшабаев Рамазан Тұмарбекұлы-Қазақстан Республикасы темір жол тармақ иелері Қауымдастығының Басқарма төрағасының орынбасары, Алматы, Қазақстан; azhvk@mail.ru;

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна – т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; natalitokmur@mail.ru;

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

Андатпа: Мақалада «КТЖ» ҰК »АҚ Жол қозғалысы қауіпсіздігі департаментінің соңғы үш жылдағы «Кірме жолдардағы қозғалыс қауіпсіздігі жағдайын талдау» тақырыбындағы есеп деректері талданады және оның мақсаты кірме жолдардағы қозғалыс қауіпсіздігі ережелерінің бұзылуының негізгі себептерін анықтау және кірме жолдарда жылжымалы құрамның жиналу себептерін табу болып табылады. Өз міндеттерін тиісінше орындамаудан, қызметтік міндеттерін, нұсқаулықтарды және басқаларын білмеуі және оны сақтамауына байланысты болған бұзушылықтар анықталды, адам факторы салдарынан болған бұзушылықтармен, жалпы бұзушылықтардың 20% құрайды. Тармақ иеленушіге қауіпсіздік сертификатын беру тәртібінің алгоритмі тармақ иеленушінің немесе жол учаскелерінің ранжирленуіне және пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін бағалау өлшемдерін (қауіпсіздік көрсеткіштері) анықтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған бағалау өлшемдері тармақ иеленушілердің кірме жолдарындағы қозғалыс қауіпсіздігін ұйымдастыруды тек жиын саны бойынша ғана емес, сондай-ақ әрбір тармақ иеленушінің кірме жолдарының ұзындығы мен саны сияқты параметрлердің әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Қауіпсіздік сертификатын беру кезінде әрбір тармақ иеленушіге қатысты кірме жолдардағы қауіпсіздік деңгейін бағалаудың осы схемасын қолдану ұсынылады.

Түйінді сөздер: теміржол жолы, тармақ иеленуші, бағалау, қауіпсіздік критериялары, қауіпсіздік сертификаты.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp.154-162

QUALITY CONTROL OF WAGON WHEELS OF INCREASED HARDNESS

Rita Kibitova, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; kibitova.rita@mail.ru;

Mukangaly Turkebaev, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; m.turkebayev@kazatk.kz

Nurgul Suleeva, Cand.Sci.(Eng.), associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; nur_1912@mail.ru

Abstract. The paper presents methods for assessing the quality of solid-rolled wheels of increased hardness in the conditions of repair depots. Hardness was chosen as an indicator for assessing the quality of solid-rolled wheels, since it decisively affects the wear resistance, performance and resource of the wheel, as well as other basic mechanical characteristics of the steel wheel. Methods for determining hardness are extremely numerous and diverse, classified by the nature of the deformation and by the method of application of the load.

Based on the analysis of existing hardness control methods, the advantages and disadvantages, the influence of various factors on the measurement accuracy were investigated, as a result of which the test results were found to depend not only on the material properties, but also on their conditions carrying out. The analysis of instruments for measuring hardness based on the shock rebound method is carried out, the basic requirements for them are formulated, allowing to take into account the features of work in the conditions of the subdivisions of JSC "NC" KTZ "and the presence of a number of additional functions.

A methodology for the incoming quality control of whole-rolled wheels for a car-repair enterprise was developed, which includes an algorithm, a technique, equipment. The purpose of assessing the quality level of products is to achieve basic values of quality indicators established by the normative and technical documentation for products.

The experimental data accumulated in a huge amount indicate that each of the existing methods for assessing hardness gives results that depend not only on the properties of the test material, but also on test conditions.

Keywords: wheel strength, hardness test, metal hardness, warping, voltage, fingerprint

ӘОЖ 629.4.018

Р.К. Кибитова¹, М.Ж. Түркебаев¹, Н.З. Сүлеева¹

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ҚАТТЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ВАГОН ДӨҢГЕЛЕКТЕРІНІҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ

Аңдатпа. Жұмыста вагон жөндеу деполарында қаттылығы жоғары тұтас таптамалы дөңгелектер сапасын бағалау әдістері келтірілген. Тұтас таптамалы дөңгелектер сапасын бағалау көрсеткіші ретінде оның қаттылығы таңдалды, себебі ол шешімді шамада дөңгелектің тозуға төзімділігіне, жұмысқа жарамдылығына және ресурсына, сондай-ақ дөңгелек болатының басқа да негізгі механикалық сипаттамаларына әсер етеді. Қаттылықты анықтау әдістері аса көп және әр түрлі және деформациялану сипаты мен жүктеменің түсу әдісіне қарай жіктеледі.

Қаттылықты бақылау әдістерінде жүргізілген талдау негізінде ерекшеліктері мен кемшіліктері, өлшеу дәлдігіне түрлі факторлардың әсері зерттелді, нәтижесінде сынақ нәтижелерінің тек материалдар қасиетіне емес, сондай-ақ сынақты жүргізу шартына тәуелділігі анықталды. Соққыны қайтару әдісінде негізделген қаттылықты өлшейтін құралдарға талдау жүргізілді, «ҚТЖ» ҰК» АҚ бөлімшелерінің жағдайында жұмыстар ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік беретін негізгі талаптар белгіленді.

Вагон жөндеу мекемелері үшін стандартқа сәйкес келмейтіндігін анықтайтын және келген өнімге талдау жасайтын тұтас таптамалы дөңгелектер сапасын бақылау әдістемесі жасалды. Бұйым сапасының деңгейін бағалау мақсаты – нормативтік-техникалық құжаттамада өнімге белгіленген сапа көрсеткіштерінің базалық мәндеріне қол жеткізу.

Біршама жиналған эксперименттік деректер қаттылықты бағалайтын әдістердің барлығы сыналатын материалдың тек қасиетіне емес, сонымен бірге сынақты жүргізу шартына да байланысты екендігін дәлелдейді.

Түйінді сөздер: дөңгелектер беріктігі, қаттылықты анықтау, металл қаттылығы, деформациялану, кернеу, таңба

Вагондардың жүктелуінің артуы және жылдамдықтың жоғарылауына байланысты, олардың жұмыс жағдайының өзгерісі дөңгелектер жұбы элементтері керілуінің жоғарылауына және олардағы шаршау жарықтарының пайда болу ықтималдығының жоғарылауына әкеледі. Соңғы жылдары біліктен рельске түсетін статикалық жүктеме тұрақты түрде өсіп келеді. Бұл жағдай пайдаланыстағы вагон дөңгелектерінің зақымдалуына және вагондар дөңгелектерінің сенімділігі мен беріктігін одан әрі жақсартуға бағытталған шараларды жасауға әсерін тигізді.

Соңғы уақытта дөңгелектер жұбы тоғынының профилі бойынша тозу қарқындылығы едәуір артты. Дөңгелектердің қарқынды тозуын азайтудың бірден бір жолы – ақаудың түзілуіне қарсы материалдың төзімділігін арттыру.

Сапаны бақылаудың негізгі мақсаты - өнімнің келісілген деңгейге сәйкес келетінін және тұтынушы қолайлы сапа партиясын алатындығын растау. Өнім сапасы оның өнімдері мен материалдарының сапасына байланысты және өнім сапасы теңдеуінің жүйесінде қажетті басқарушы шешімдерді пысықтау үшін негіз болып табылады [1].

Жалпы жағдайда сапа деңгейін бағалау келесі этаптардан тұрады:

- сапа көрсеткіштерін таңдау және оның қажеттілігі мен жеткіліктілігін негіздеу;

- сапа көрсеткіштері мәндерін анықтау әдістерін таңдау немесе жасау;

- көрсеткіштердің базалық мәндерін және бағаланатын өнім сапасының көрсеткіштерінің фактілі мәндерін анықтауға арналған бастапқы мәліметтерді таңдау;

- сапа көрсеткіштерінің фактілі мәндерін анықтау және оларды базалық мәндермен салыстыру;

- мүмкін болатын шешімдер нұсқаларын салыстырып талдау және ең жақсысын табу;

- басқарушы шешімді қабылдау үшін ұсыныстарды негіздеу.

Аталған этаптардың әрбірінің мазмұны және олардың әрқайсындағы жұмыстардың көлемі көбінесе сапаны бағалау мақсатына байланысты болады. Нормативтік-техникалық құжатта белгіленген өнімнің сапа көрсеткіштерінің базалық мәндеріне қол жеткізу бұйымның сапа деңгейін бағалау мақсаты болып табылады.

Тұтас таптамалы дөңгелектер сапасының көрсеткіші ретінде оның қаттылығы таңдалды, себебі ол дөңгелектің тозу төзімділігіне, жұмыс жарамдылығына және ресурсына, сондай-ақ дөңгелек болатының басқа да негізгі механикалық қасиеттеріне әсер етеді.

Қаттылықты анықтау әдістері өте көп және әр түрлі. Оларды деформациялану сипаты мен жүктемені түсіру тәсілдеріне қарай жіктеуге болады [2].

Қаттылықты анықтау үдерісінде деформацияланудың келесі түрлерін ажыратады:

- серпімді деформация;

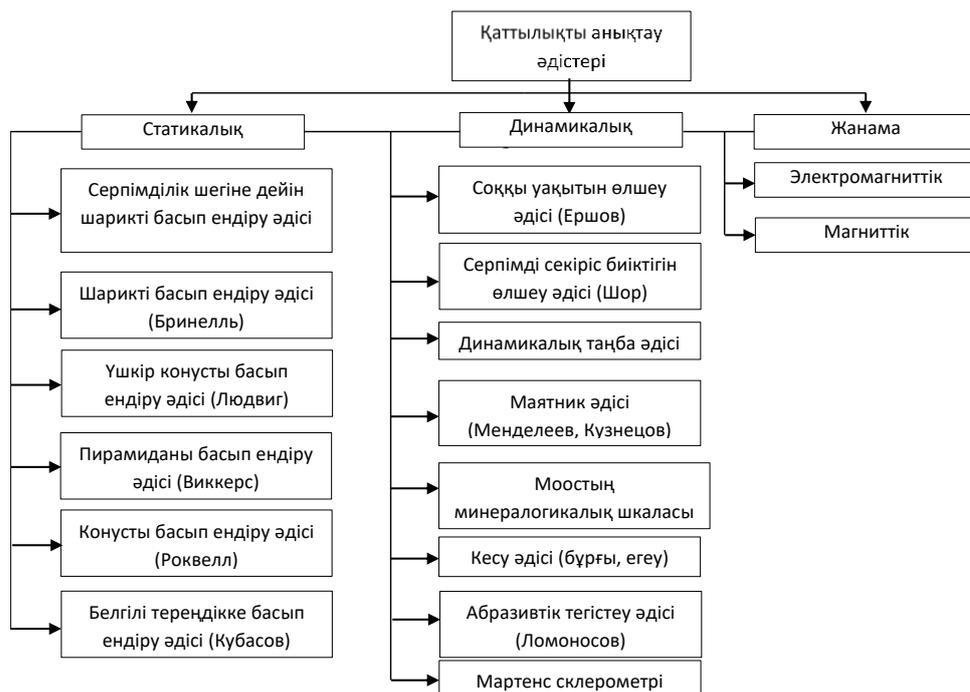
- пластикалық деформация;

- серпімді және пластикалық деформацияның үйлесімі;

- тар жолдың бойымен жергілікті жердің зақымдануы («сырылуы»);

- үлкен беткі аймақтың зақымдануы.

Қаттылықты өлшеуге арналған құралдар түрін анықтайтын қабылданған жіктеу сұлбасындағы басты ерекшелік жүктемені қолдану сипаты болып табылады, оған сәйкес барлық әдістерді бөлуге болады: статикалық, динамикалық және жанама (1 - сур.).



1 - сур. Қаттылықты анықтау әдістері
 Fig. 1 – Solidification methods

Олардың ішіндегі ең маңыздылары белгілі бір материалдан жасалған және сынақ бетіне перпендикуляр орнатылған стандартты пішіннің ұшын осьтік жүктеу кезінде дененің бетінде майысқақ (із) қалыптастыруға негізделген статикалық әдістер.

Динамикалық әдістер сынақ кезінде сынақ бетіне ұштың әсерінің болуын болжайды, ал шабуылшының кинетикалық энергиясы серпімді және пластикалық деформациялардың түзілуіне жұмсалады, сонымен қатар дыбыс пен жылу түрінде ішінара таратылады.

Қаттылықты бақылаудың жанама әдістері ерекше болып табылады, өйткені қаттылық электрлік немесе магниттік әдістермен, сынақ бетіне күш қолданбай, оның және мәжбүрлеу күшінің немесе басқа қасиеттердің арасындағы тәуелділіктің болуына байланысты анықталады.

Жүк вагондарының тұтас таптамалы дөңгелектерінің сапасының көрсеткіші ретінде қаттылықты бақылау әдісін таңдауды жүзеге асыру үшін негізгі әдістердің барлық топтарының артықшылықтары мен кемшіліктерін

зерттеп білу қажет. Қаттылықты бақылаудың статикалық әдістері жүктеменің барынша баяу түсірілуімен жүзеге асырылады, сол кезде индентор сыналатын материалға басып енгізіледі. Металдың үстіңгі қабаттары иіліп деформацияланады және металда таңба (із) қалады.

Ең кеңінен тараған және белгілі статикалық әдістердің бірі 1899-1900 жылдары швед инженері Бриннель ұсынған қаттылықты Бриннель бойынша өлшеу болып табылады. Сынақ шарттарына сәйкес және алынған таңба диаметріне байланысты қаттылықты МЕСТ 9012 – 59 кесте көмегімен анықтайды.

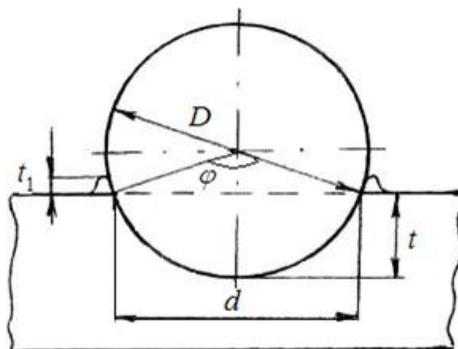
Бриннель қаттылығын өлшеу кезінде шарик диаметрін D , жүктеме шамасын P , жүктеме астында тұру ұзақтығын және сыналатын үлгінің минималды қалыңдығын кестеден таңдайды. Сынақтан өткізілетін қара және түрлі-түсті металдардың қаттылығы 450 бірліктен аспауы тиіс.

Диаметрі D шарикке P (кг) жүктемесі түсті делік. Жүктемені алғаннан кейін сыналатын материалда, шар бетінің

бір бөлігі, қуыс қалады. Қуыстың ең үлкен қимасының диаметрі d болсын делік.

Бринелль қуыстың бетіне түсетін жүктемеден бөлінген жекені түсінуді ұсынды, яғни

$$HB = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi Dt} \quad (1)$$



2 - сурет. Шарикті басып енгізу сұлбасы
 Figure 2 - The drawing of the balloon input

Бату тереңдігін t таңбаның диаметрі d арқылы көрсетуге болады, дәлірек

$$t = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}\right)} = \frac{D}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} \right] \quad (2)$$

НВ өрнегіне t қойып, табамыз:

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} \right]} \quad (3)$$

Осындай есептеу кезінде P күшінің перпендикуляр жазықтыққа емес, қуыстың бетіне жататындығы таңқаларлық көрінеді. Бринелль мұндай ұсынысты нығаюдың әсерін азайту үшін ұсынды, ол таңбаның өсу шамасына қарай ұлғаяды және шамасы тұрақсыз қаттылықты береді. Егер қуыс қимасының ауданына күштеме түсіретін болса, онда нығаюдың әсерінен таңба диаметрі өскен сайын қаттылық H ұлғаюы тиіс, бұл тәжірибе үшін өте ыңғайлы. Егер жүктемені шар сегментінің бетіне түсірсе, онда нығаюдың өсуі біршама тегістеледі,

егер t арқылы сыналатын материалға шариктің бату тереңдігін белгілейтін болсақ (немесе шариктің батып енуінен түзілген шар сегментінің биіктігін). 2 суретте жүктеме P , бату тереңдігі t және таңба диаметрі d көрсетілген.

себебі күш өлшенген аймаққа қарағанда күрт өсетін аймаққа жатады.

Таңбаның диаметрі ұлғайған сайын қуыстың көлденең қимасының ең үлкен ауданына қарағанда қуыстың беті жылдамырақ өседі. Шар сегменті бетінің шеңбер ауданына қатынасын α арқылы атаймыз, сонда

$$\alpha = \frac{\pi Dt}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (4)$$

d үлкейген сайын α өзгеруін зерттеу үшін d және t 2-суретте көрсетілген φ бұрышы арқылы белгілейміз, мұнда көретіміз

$$\frac{d}{D} = \sin \frac{\varphi}{2} \quad (5)$$

$$\frac{d/2}{t} = \operatorname{tg} \left(\frac{180 - \varphi}{2} \right) = \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{4} \quad (6)$$

яғни

$$\frac{t}{d} = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} \quad (7)$$

t/d және d/D -ны α орнына қойып аламыз

$$\alpha = \frac{4 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4}}{2 \sin \frac{\varphi}{2}} = \frac{2 \sin \frac{\varphi}{4}}{\cos \frac{\varphi}{4} 2 \sin \frac{\varphi}{4} \cos \frac{\varphi}{4}} = \frac{1}{\cos^2 \frac{\varphi}{4}} \quad (8)$$

Біріншіден $\alpha \geq 1$ көруге болады және екіншіден φ бұрышы өскен сайын α өсіп жатыр. $\varphi/2 = 90^\circ$ болғанда α үшін ең үлкен мүмкін мән болады, сонда

$$\cos \frac{\varphi}{4} = \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ және } \alpha = 2.$$

Сонымен таңбаның диаметрі нөлден шарик диаметріне дейін үлкейсе, қуыс бетінің көлденең қимасының ауданына қатынасы 1-ден 2-ге дейін өседі.

$D=10$ мм, таңба диаметрі d әр түрлі болғанда осы қатынастың шамасын 1-кесте береді.

1 кесте – Шардың диаметріне байланысты шар сегменті бетінің шеңбердің ауданына қатынасы

Table 1 – Depending on the ball spacing on the ball surface of the balloon ratio of circle area

d	1	2	3	4	5
α	1,002	1,0122	1,0242	1,04	1,072

Бринелль қаттылығы тұрақты мән емес, бірақ шардың материалға ену тереңдігіне байланысты өзгереді.

Экспериментальды зерттеулер [2, 3] көрсеткендей, диаметрі тұрақты шарға жүктеме артқан сайын НВ алдымен жоғарылайды, максимумға жетеді, содан кейін баяу төмендей бастайды, яғни зерттелетін учаскеде Бринелль қаттылығын тұрақты деп санауға болады. Бринелль қаттылығының жүктемеге тәуелді графигінің келесідей ерекшеліктерін атауға болады:

- Р шамасы аз болғанда, қаттылық түсірілген жүктемеге пропорционал жылдам өседі;

- жүктеме шамасы орташа болғанда жүктеме қаттылығының аз тәуелділігіне сәйкес келетін өте жайпақ максимум байқалады;

- жүктеме шамасы көп болғанда қаттылық тағы да біршама азаяды.

Сондықтан Бринелль қаттылығын өлшегенде сыналатын материалдардың қаттылығы максимумға жақын аумақта болатындай жүктелу шартына ұмтылуы тиіс.

Жіктелуге сәйкес [4] динамикалық әдістер мен құралдарды іске асыру үшін негізгі қағида бойынша үш топқа бөлуге болады: серпімді көтерілу қағидасы бойынша, тербелетін маятник қағидасы

бойынша, сыналатын дененің бетіне ұштықты ендіру қағидасы бойынша.

Қаттылықты анықтайтын динамикалық әдістерге Шор әдісімен қаттылықтың серпімді көтерілісі арқылы өлшеу жатады. Белгілі биіктіктен Н сыналатын бөлшекке құлайтын массасы m бойконың серпімді көтерілісінің биіктігі қаттылық критеріне жатады. Бұл әдіспен анықталатын қаттылық әдетте НS деп белгіленеді. Материалдардың қаттылығын Шор әдісімен өлшеу дәл және тұрақты өлшеу жағынан басқа әдістерден төмен, дегенмен бірқатар ерекшеліктері бар: пайдалану жағы қарапайым құрал, Шор әдісімен қаттылықты анықтауға аз уақыт кетеді, құрал жеңіл және ықшам және оны өлшейтін объектіге тасымалдауға болады, сынақ кезінде бұйым мүлдем зақымдалмайды: таңба терең емес және өлшемі кіші, ірі габаритті бұйымдардың қаттылығын өлшеуге болады. Дегенмен бұл әдіспен өлшеу дәлдігіне сыналатын беттің тегіссіздігі (кедір-бұдырлығы), таңбалар арасындағы қашықтық әсер етеді.

Шор әдісі бойынша қаттылықты өлшейтін құралдарды пайдалану талдауы олардың әрқашан заманауи метрологиялық талаптарды қанағаттандыратындығын көрсетті.

Сыналатын бетте индентор таңбасы түрінде пластикалық деформацияланған

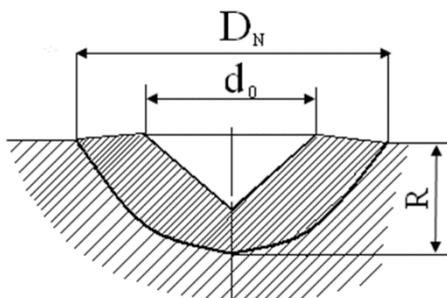
металды алып, сыналатын бетке ұштықтардың динамикалық ендірілуі кезінде металдың деформациялану мәселелерін қарастырамыз.

Көрсетілген динамикалық әдістермен алынған сынақ нәтижелері статикалық әдіспен алған нәтижелерге ұқсас. Сол кезде қарастырылып отырған әдістердегі қаттылық пластикалық деформацияның шамасына кері пропорционал. Динамикалық жүктеме кезінде алынған наклеп, статикалық жүктемеге қарағанда уақыттың жетіспеуінен өздігінен балқығанда толығымен шешілмейді. Динамикалық

әдісте металдың деформацияға қарсы кедергісі анағұрлым жоғары.

Ендіру (деформациялану) жылдамдығын және сол кезде таңбаның бетінде пайда болатын үйкеліс күштерін ескергенде қаттылықтың динамикалық коэффициентінің бірден аз шамаға азаюының ықтимал себептері айқындалады.

Сонымен, таңбаның диаметрі бойынша материал қаттылығын анықтай отырып, динамикалық коэффициентті есептеу нәтижесіне белгілі белгісіздік енгізіледі.



3 - сур. Конустық таңбаның пластикалық деформацияланған аймағының параметрлері
 Fig. 3 – Plastic deformed cone mark zone settings

Оны жою үшін үлгі бетінің бір деңгейінде таңба диаметрін ескере отырып, шығарылған динамика коэффициентінің заңдылығы зерттелді. Статикалық және соққылы жүктемелерде алынған барлық таңбалардың жиырылуы тегістелді, содан кейін үлгінің бастапқы бетінің деңгейінде таңбалардың диаметрлері өлшенді (3-сур.).

Осы диаметрлер бойынша статикалық және динамикалық қаттылықтың мәндері, сонымен қатар динамика коэффициенттерінің шамалары η_n (2 - кесте) есептелген.

2 - кесте. Конус таңбасы және деформацияланған аймақтардың параметрлері
 Table 2 - Conical symbols and parameters of deformed zones

Болат	HV	d, мм	R, мм	D_n , мм
Ст3	110	2,52/2,52	3,70	5,71/7,13
30ХГСА	200	1,96/1,96	2,91/3,46	5,33/5,50

Ескерту: алымында – динамикалық жүктеу үшін, бөлімінде – статикалық жүктеу үшін

2-кестесі мен 3-суреттегі деректерден Ст3 болаты үшін деформацияланған аумақтың диаметрі D_n динамикалық жүктемеге қарағанда

статикалық жүктемеде едәуір үлкен, дегенмен екі жағдайда таңба диаметрлері жуық шамамен бірдей болды. Бұдан қаттырақ болаттарға өткенде бұл

айырмашылық айтарлықтай өзгеріспен болмайды.

Таңбаның айналасындағы деформацияланған металдың көлемі үлкен болған сайын, осы көлемнің ішіндегі деформация біртекті. Сондықтан деформацияланған аумақтың ішіндегі деформация біртектілігі дәрежесінің сипаттамасы ретінде қатынасты қабылдадық:

$$\delta_N = (D_N - d_0) / D_N = 1 - d_0 / D_N, \quad (9)$$

Деформацияның локализация дәрежесін анықтайтын қатынас нөлден (при максималды локализацияланған деформацияда) максимумға (минималды локализацияланған деформацияда) дейін өзгеруі мүмкін. Сонымен бірге, деформацияланған көлемнің локализациясы ендіру жылдамдығы мен металл қаттылығы ұлғайған сайын жиырылған тоғын биіктігінде пайда болады. Мұны көптеген эксперименттік деректер растайды.

Қаттылықты анықтаудың *жанама әдістеріне* магниттік немесе электрлік индуктивті әдістер жатады. Бұл құрылғылардың қаттылығын өлшеу үшін негіз болып магнит өткізгіштігі немесе қалдық магниттелуі мен болат бөлігінің материалының құрылымы, яғни мартенсит пен аустениттің пайыздық қатынасы табылады

Бөлшектің материалындағы мартенсит құрамы, өз кезегінде, бөлшектің қаттылығымен функционалды тәуелділікпен байланысты. Осы тәуелділіктерге сүйене отырып, өлшеу катушкаларына сынақ бөлігі орналастырылған құрылғы салынады. Бөлшектің магниттік өткізгіштігі бойынша оның қаттылығын бағалауға болады.

Бақыланатын бөліктердің ағынын құрылғының катушкасы арқылы жүйелі түрде өткізгенде, соңғысы орындаушы қондырғыға сигнал жібереді. Мұндай құрылғылардың өнімділігі инденторды ендіру әдісімен жасалған автоматты құрылғыларға қарағанда едәуір

жоғары және сағатына бірнеше мыңға жетеді. Жанама әдістер магниттік және электрлік болып бөлінеді.

Электрлік әдістер барлық электр өткізгіш қатты заттарға қолданылады. Олар айнымалы ток көзіне жалғанған катушканың индуктивті кедергісінің катушкаға қатысты белгілі бір позицияны алатын сынақ корпусындағы катушкамен пайда болған өткір токтардың беріктігіне тәуелділігінде негізделген.

Қорытпалардың электрлік тұрақтылығы әдетте қаттылықтың монотонды эмпирикалық функциясы болып табылады, сондықтан индуктивті қарсылықты өлшеу осы қорытпадан жасалған бөліктердің қаттылығын жанама түрде бағалауға мүмкіндік береді.

Қаттылықты анықтаудың магниттік әдістері тек ферромагниттік материалдарға қолданылады. Олар коэрцитив күші мен қаттылық арасындағы эмпирикалық байланысқа негізделген.

Коэрцитив күші - бұл өнімнің барлық магниттік сипаттамаларына ең сезімтал. Қаттылықты және басқа механикалық қасиеттерді өлшеу және ферромагниттік материалдардың коэрцитив күші олардың құрылымындағы бірдей өзгерулерден туындағандықтан, олардың арасында белгілі бір байланыс бар. Бұл байланыс материалдың микроқұрылымын, қаттылығы мен механикалық қасиеттерін жанама бақылау үшін параметр ретінде мәжбүрлеу күшін қолдануға мүмкіндік береді [2].

400 - 3000 А/м аралығындағы H_c диапазонындағы тік бұрышты үлгілердің коэрцитив күшін өлшеу кезіндегі қателік, сенімділік ықтималдылығы үшін 0,95 аспайды.

- қатенің кездейсоқ құраушысы $\pm 3,0\%$,
- жалпы қате $\pm 5,0\%$.

Жалпы қате формула бойынша анықталады:

$$\delta_i = \frac{|H_{c_{iuz}} - H_{c_i}^*|}{H_{c_i}^*} \times 100\%, \quad (10)$$

мұнда Hc_i^* - куәлікте көрсетілген үлгінің коэрцитивтік күшінің мәні, А/м.

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (11)$$

Бақылаудың бұл әдісінің кемшіліктеріне қисық беттерді басқару мүмкіндігінің жоқтығы, шартты өлшем бірліктерінде қаттылық мәндерін алу, сонымен қатар өлшеу кезінде жеткілікті үлкен қателіктердің болуы жатады.

Қаттылықты жанама әдістермен анықтағанда алдын ала талдау жүргізілуі тиіс, тікелей және жанама әдістермен алынған эксперименттік нәтижелер салыстырылуы тиіс.

Қорытынды. Үлкен мөлшерде жинақталған эксперименттік мәліметтер қаттылықты бағалаудың қолданыстағы әдістерінің әрқайсысы сынақ материалының қасиеттеріне ғана емес, сонымен бірге сынақты жүргізу шартына да байланысты нәтижелер көрсетеді. Материалдардың қаттылығын өлшеудің бірыңғай әдісінің жоқтығы, сондай-ақ бұрын айтылған кемшіліктер өлшеу тәжірибесінде кейбір қиындықтар мен қолайсыздықтарды тудырады.

Қаттылықты бақылау әдісін дұрыс таңдау мәселесі жылжымалы құрам бөліктерінде тестілеу мүмкіндігіне

қолданылатын бірқатар талаптарға байланысты, атап айтқанда:

- жұмыс бетінде тұтастықтың бұзылмауы;
- қисық сызықты бетті бақылау;
- өлшеу кезінде кішігірім қателік (5 % дейін);
- қаттылықты бақылау әдісінің өнімділігі жоғары.

Қаттылықты бақылаудың негізгі әдістерін талдау нәтижесінде қаттылықты сынақ бетіндегі қатты ұштардың статикалық шегінісі арқылы емес, жүктеме сынақ материалына динамикалық түрде қолданған кезде серпімді қалпына келтіру немесе қайта көтеру әдісімен анықталатындығы белгілі болды. Бұл әдіс материалдық және физикалық ресурстардың аз шығынына, жұмыс бетінде елеулі із қалдырмай қаттылықты бақылауға және өлшеу дәлдігін жоғалтпай, жоғары өнімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Бұл әдіс негізінен салыстырмалы сынақтарда қолданылады. Бұл металлургия өнеркәсібінде өте кеңінен таралған. Соңғы жылдары қоладнылатын әдістер қажетті өлшеу дәлдігіне, кеңістікте өлшеу мүмкіндігіне қол жеткізуге мүмкіндік берді, сонымен қатар оны пайдалану оңай және жоғары білікті операторды қажет етпейді.

ӘДЕБИЕТ

- [1] В. Н. Кашииков, В. М. Рубан, М. В. Гуськова и др. Пути снижения износа гребней колес подвижного состава. Вестник РГУПС. 2000. №3. С. 52-55.
- [2] Гудков А. А., Славский Ю. И. Методы определения твердости металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 2002. 168с.
- [3] А.Г. Колмаков, В. Ф. Тереньтьев, М.Б. Бакиров. Методы измерения твердости: справ.изд. – М. Интермет Инженеринг, 2005. – 150 с.
- [4] Мишакин В. В., Кажаяев В. В., Наумов М. Ю. Совместное использование метода ударного внедрения индентора и метода акустической анизотропии для оценки усталостной поврежденности металла // Дефектоскопия. 2002 .№7. С. 39-45.

REFERENCES

- [1] V. N. Kashiikov, V. M. Ruban, M. V. Guskova i dr. Puti snizheniya iznosa grebnei kolos podvizhnogo sostava [in Russian: Ways to reduce wheel flange wear]. Vestnik RGUPS. 2000. №3. p. 52-55.
- [2] A.A. Gudkov, Yu. I. Slavskii. Metody opredeleniya tverdosty metallov i splavov [in Russian: Methods for determining the hardness of metals and alloys]. – М.: Metallurgiya, 2002. 168 p.
- [3] A.G. Kolmakov, V. F. Terentev, M.B. Bakirov. Metody izmereniya tverdosty [in Russian: Hardness Measurement Methods]. Spravochnik. – М. Интермет Инженеринг, 2005. – 150 p.
- [4] V.V. Mishakin, V.V. Kazhaev, M. Yu. Naumov. Sovmestnoe ispolzovanie metoda udarnogo vnedreniya indentora i metoda akusticheskoi anizotropii dlya osenki ustalostnoi povrezhdennosti metalla [in Russian: The joint use of the impact indenter penetration method and the acoustic anisotropy method for assessing the fatigue damage of a metal]. Defektoskopiya. 2002 .№7. p. 39-45.

ҚАТТЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ВАГОН ДӨңГЕЛЕКТЕРІНІң САПАСЫН БАҚЫЛАУ

Кибитова Рита Куримбаевна – т.ғ.к., профессор ассистенті М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; kibitova.rita@mail.ru;

Туркебаев Мукан Жамбулович – т.ғ.к., профессор ассистенті М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; m.turkebayev@kazatk.kz

Сүлеева Нүргүл Зинабдинқызы – т.ғ.к., профессор ассистенті М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; nur_1912@mail.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВАГОННЫХ КОЛЕС ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ

Кибитова Рита Куримбаевна – к.т.н., ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; kibitova.rita@mail.ru;

Туркебаев Мукан Жамбулович – к.т.н., ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; m.turkebayev@kazatk.kz

Сүлеева Нургуль Зинабдиновна - к.т.н., ассистент профессора, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; nur_1912@mail.ru

Аннотация: В работе приведены методы оценки качества цельнокатаных колес повышенной твердости в условиях ремонтных депо. В качестве показателя оценки качества цельнокатаных колес была выбрана твердость, так как она в решающей мере влияет на износостойкость, работоспособность и ресурс колеса, а также на другие основные механические характеристики колесной стали. Методы определения твердости чрезвычайно многочисленны и разнообразны, классифицируются по характеру деформации и по способу приложения нагрузки.

На основе проведенных анализов существующих методов контроля твердости, исследованы достоинства и недостатки, влияние различных факторов на точность измерения, в результате чего была установлена зависимость результатов испытаний не только от свойств материала, но и от условий их проведения. Проведен анализ приборов по замеру твердости, основанных на методе ударного отскока, сформулированы основные требования к ним, позволяющие учитывать особенности работы в условиях подразделений АО «НК «КТЖ» и наличия ряда дополнительных функций.

Разработана методика входного контроля качества цельнокатаных колес для вагоноремонтных предприятия, включающая в себя алгоритм, методику, оборудование. Целью оценки уровня качества изделий является достижение базовых значений показателей качества, установленных нормативно-технической документацией на продукцию.

Накопленные в огромном количестве экспериментальные данные свидетельствуют о том, что каждый из существующих методов оценки твердости дает результаты, зависящие не только от свойств испытуемого материала, но и от условий проведения испытаний.

Ключевые слова: прочность колес, определение твердости, твердость металла, деформирование, напряжение, отпечатка

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 162-167

EVALUATION OF LOCOMOTIVE FLEET RENEWAL EFFICIENCY BASED ON LIFE CYCLE COST

Tokmurzina- Kobernyak Natalya, Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; natalitokmur@mail.ru;

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

Shalabaev Michael Kaganovich - Cand.Sci.(Eng.), associate professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; ata-ka@mail.ru

Makhanova Aizhan, lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; maxanova.2012@mail.ru

Abstract: The cost of the life cycle of technical systems of railway transport includes one-time costs (investment) and current nature (operating costs) for the service life. Also includes liquidation costs associated with the exclusion of the object from operation. The existing approaches to assessing the effectiveness of updating the fleet of locomotives by the criterion of minimum annual costs and investments do not allow assessing the effectiveness of locomotives. They have different initial cost, service life and reliability. Therefore, the most appropriate is to assess the effectiveness of updating the fleet of locomotives on the basis of the life cycle cost of complex railway equipment. In the article, the life cycle cost of locomotives of the VL10 and GO8A series was calculated, which showed that the life cycle cost of one GO8A electric locomotive is 19% less than the life cycle cost of the VL10 electric locomotive. From a practical point of view, the application of this technique allows us to scientifically justify: the production and use of new rolling stock; the feasibility of modernization of rolling stock; the feasibility of the acquisition and the offer price of new rolling stock.

Keywords: the cost of the life cycle of the locomotive, the evaluation of the effectiveness of updating the Park of locomotives, technical and economic characteristics of the locomotive.

ӘОЖ 629.43, 338.5

Н.А. Токмурзина-Коберняк¹, Н.В.Ивановцева¹, М.К.Шалабаев¹, А.К. Маханова¹,
¹М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ӨМІРЛІК ЦИКЛДІҢ ҚҰНЫ НЕГІЗІНДЕ ЛОКОМОТИВТЕР ПАРКІН ЖАҢАРТУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Темір жол көлігінің техникалық жүйелерінің өмірлік циклінің құны бір жолғы (инвестициялар) және ағымдағы сипаттағы шығындарды (пайдалану шығыстарын) қызмет ету мерзіміне қамтиды. Сонымен қатар объектіні пайдаланудан алып тастауға байланысты алып тастау (ликвидациялау) шығыстарын қамтиды. Ең төменгі жылдық шығындар мен күрделі салымдар өлшемі бойынша локомотивтер паркін жаңарту тиімділігін бағалаудың қазіргі тәсілдері локомотивтерді қолдану тиімділігін бағалауға мүмкіндік бермейді. Олардың бастапқы құны, пайдалану мерзімі және сенімділігі әртүрлі болады. Сондықтан күрделі темір жол техникасының өмірлік циклінің құны негізінде локомотивтер паркін жаңарту тиімділігін бағалау неғұрлым орынды болып табылады. Мақалада ВЛ10 және GO8A сериялы локомотивтердің өмірлік циклінің құнына есептеу жүргізілді, ол GO8A бір электровозының ӨЦҚ ВЛ10 электровозының ӨЦҚ-нан 19%-ға аз екенін көрсетті. Практикалық тұрғыдан қарасақ осы әдістемені қолдану ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді: жаңа жылжымалы құрамды өндіру және қолдану; жылжымалы құрамды жаңғыртудың орындылығы; жаңа жылжымалы құрамды сатып алудың орындылығы және лимиттік бағасы.

Түйінді сөздер: локомотивтің өмірлік циклінің құны, локомотивтер паркін жаңарту тиімділігін бағалау, локомотивтің техникалық-экономикалық сипаттамалары.

Қазіргі уақытта шетелде теміржол көлігіндегі инвестициялық жобалардың тиімділігін бағалау үшін өмірлік циклдің (ӨЦҚ) құнының тұжырымдамасы кеңінен қолданылады. Отандық тәжірибеде ӨЦҚ көрсеткішін пайдалану қазіргі уақытта шетелдегідей қолданысқа ие болған жоқ. Нарықтық қатынастардың дамуы Қазақстан темір жолдардың алдына осы экономикалық көрсеткішті ұзақ мерзімді кезеңге арналған инвестициялық сипаттағы

шешімдерді бағалау және қабылдау кезінде негізгі өлшемдердің бірі ретінде неғұрлым кеңінен пайдалану міндетін қояды. Экономикалық дамудың қазіргі кезеңінде техниканың жаңа үлгілерін сатып алу және шетелдік өндірушілерді тарта отырып қолданыстағыларын жаңғырту мүмкіндіктері кеңеюде, бұл өмірлік цикл ішіндегі барлық ықтимал өзгерістерді ескере отырып, локомотивтерді жаңарту нұсқаларының техникалық-экономикалық

негіздемесінің бірыңғай әдіснамасын әзірлеуді және пайдалануды талап етеді. Бұл әдістеме жаңа техниканы құру және пайдалануға енгізу және қолда бар техниканы жаңғырту бойынша жобалардың орындылығы мен пайдалылығына болжам жасауға мүмкіндік береді [1].

Өзінің бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында Локомотив жасау компаниялары сатылатын локомотивтерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу функцияларын өзіне толықтай ала отырып немесе қатыса отырып, тапсырыс берушілерге өз өнімдерін жеткізуді ілеспе қызметтер пакеттерімен толықтырады.

Осының арқасында әзірлеу, өндіру, пайдалану, техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарын тиімді басқару мүмкіндігі пайда болды. Өмірлік цикл құнының тұжырымдамасы шеңберінде өзара іс-қимыл әдетте жеткізушіге де, тапсырыс берушіге де тиімді. Осылайша теміржол көлігінің тапсырыс берушілерімен Adtranz, Siemens, Alstom, Bombardier жылжымалы құрамының ірі әлемдік өндірушілері жұмыс істейді.

Өмірлік циклдің құнын бағалау әдіснамасы жаңа техника үлгісінің техникалық деңгейінің ерекшеліктерін, оны пайдаланудың өмірлік шарттарын және орындалатын жұмыстың түрін, ағымдағы жөндеу және техникалық қызмет көрсету жүйесін ескереді. Экологиялық қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, бұл баға экологиялық құраммен толықтырылады [1]. Әзірленген әдіснаманың бастапқы берілгендері болып келесілер табылады:

техникалық-пайдалану, экономикалық және экологиялық көрсеткіштер, атап айтқанда: тартым бірліктің техникалық сипаттамасы, поезд құрамының сипаттамасы және пайдалану учаскесіндегі жұмыс кестесі, сондай-ақ пайдалану учаскесінің профилі, еңбек ресурстарының құны және еңбек ресурстарын пайдалануда, жөндеуде және қызмет көрсетуде пайдалану нормативтері, еңбекақыға қосымша ақылар мен есептеулердің коэффициенттері, материалдық ресурстардың құны, жөндеуде және қызмет көрсетуде тұрып қалуды ескере отырып, жыл ішінде тартым бірлігінің жүрісі немесе жұмыс уақыты, экологиялық қауіпсіздік нормативтері және т. б.

Өмірлік циклдың құнын есептеу әдістемесінің негізі ретінде "РТЖ" ААҚ 27.12.2007 ж. № 2459р Өкімімен бекітілген теміржол көлігінің жылжымалы құрамы мен күрделі техникалық жүйелерінің өмірлік циклінің құнын және лимиттік бағасын анықтау әдістемесі қабылдануы мүмкін [3].

"Alstom өндірісінің GO8A сериялы жүк электровоздарына грузин темір жолы учаскесіндегі локомотивтердің инвентарлы паркін ауыстырудың техникалық-экономикалық негіздемесі" жобасын орындау шеңберінде ВЛ10 және GO8A сериялы локомотивтердің өмірлік икл құнына салыстырмалы бағалау жүргізіледі.

Осы локомотивтердің негізгі техникалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

1 - кесте. Салыстырылатын локомотивтердің негізгі техникалық сипаттамалары
 Table 1 – Main technical characteristics of compared locomotives

Параметр атауы	Өлшем бірліктері	ВЛ10	GO8A
Доңғалақ жұбынан рельске түсетін номиналды жүктеме	кН (тк)	225(23)	245 (25)
0,67 құм қоры бар электровоз массасы	Т	184	200
Конструкциялық жылдамдық, төмен емес	км/сағ	100	120
Тартым электрқозғалтқышы білігінің ұзақ режимдегі қуаты (ТЭЖ), төмен емес	кВт	4 600	8 400
Ұзақ режимдегі тартым күші, төмен емес	кН,(тк)	314	550
Ұзақ режимдегі жылдамдық, төмен емес	км/сағ,	51,2	50
ТЭЖ білігіндегі сағаттық режимдегі қуат, төмен емес	кВт,	5 360	8 800

Сағаттық режимдегі тартым күші, төмен емес	кН,(тк)	387	576
Сағаттық режимдегі жылдамдық, төмен емес	км/сағ,	48,7	55
Ұзақ режимдегі ПӘК, төмен емес	%	86	86
Жаңа құрсаулы кездегі айналу шеңбері бойынша доңғалақтың диаметрі	мм	1 250	1 250
Қызмет мерзімі	Жыл	33	40
Локомотив құны	мың. \$	3150	5530

1-кестені талдау GO8A электровоздарының ұзақ қызмет ету мерзімі бар екенін көрсетеді, оның негізгі техникалық сипаттамалары ВЛ10 электровоздарының сипаттамаларынан асып түседі, алайда бастапқы құны ВЛ10 сериялы электровоздардың құнынан едәуір асып түседі.

Әдістеменің [3] 5 тармағына сәйкес өмірлік циклдің шығындарын анықтау кезінде бұйымдардың ұзақ мерзімділігі, олардың өнімділігі, пайдалану шарттары және басқалар сияқты есептеу параметрлері бойынша салыстыру принципі сақталуы тиіс. Сондықтан базалық Локомотив үшін жиынтық шығыстарды есептеу кезінде жаңа локомотивтің өнімділігінің өзгеруін ескере отырып, оның шығындарын қайта есептеу жүргізілді. Шығындарды қайта есептеу базалық көрсеткішпен салыстырғанда жаңа локомотивтің өнімділігінің өсуін есепке алу коэффициентінің көмегімен жүргізілді.

Базалық машинамен салыстырғанда жаңа (жаңғыртылған) машина өнімділігінің өсуін есепке алу коэффициенті нормативтік-техникалық құжаттамаға,

техникалық тапсырмаға және басқаларына енгізілген көрсеткіштерге сәйкес жаңа (жаңғыртылған) (B2) және базалық (B1) техникалық құралмен орындалатын жұмыстың жылдық көлемдерінің (B2:B1) қатынасы ретінде немесе бірдей тасымалдау жұмыстарын орындау кезінде базалық және жаңа (жаңғыртылған) жылжымалы құрамның қажетті парктерінің арақатынасы (M1:M2) бойынша есептеледі [3]. Базалық машинамен салыстырғанда жаңа (жаңғыртылған) машина өнімділігінің өсуін есепке алу коэффициенті мынадай формула бойынша анықталады:

$$K_n = \frac{M_{нотреб1}}{M_{нотреб2}} \quad (1)$$

Мұндағы: $M_{нотреб1}$, $M_{нотреб2}$ - бірдей тасымалдау жұмыстарын орындау кезіндегі базалық және жаңа локомотивтердің қажетті паркі.

2- кестеде 1 локомотивке кететін пайдалану шығындарының салыстырмалы есебі келтірілген.

2 - кесте. 1 локомотивке кететін жылдық пайдалану шығындары
 Table 2 – Annual operating costs per 1 locomotive

№ п/п	Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлік	Электровоз сериясы	
			ВЛ10	GO8A
1	1 локомотивтің локомотив бригадаларына еңбекақы төлеу шығыстары	мың. \$ /жыл	47.3	47.3
2	1 локомотивтің электрэнергиясына кететін жылдық шығыстар	мың. \$ /жыл	236.3	95.7
3	1 локомотивті күтуге және жөндеуге кететін шығындар жиыны	мың. \$ /жыл	151.8	79.6
4	1 локомотив үшін жолдың үстіңгі бөлігін амортизациялауға және жолдың ағымды күтуге кететін шығыстар	мың. \$ /жыл	656.9	920
5	1 локомотив үшін АБП күтуге кететін жылдық шығыстар	мың. \$ /жыл	0.0	24.2

6	1 локомотивке кететін ағымдағы шығындар жиыны	мың. \$ /жыл	1092.2	1166.7
7	1 локомотивке кететін ағымды шығындарды үнемдеу	мың. \$ /жыл	-74.5	
9	Жаңа локомотивтің базалық локомотивпен салыстырғандағы өнімділігінің өсуін есепке алу коэффициенті		1.39	
10	Оның өнімділігінің өзгеруін есепке ала отырып 1 локомотивке кететін ағымдағы шығындар жиыны	мың. \$ /жыл	1519.6	1166.7
11	Оның өнімділігінің өзгеруін есепке ала отырып 1 локомотивке кететін ағымдағы шығындарды үнемдеу	мың. \$ /жыл	352.9	

Әдістемеге [3] сәйкес ВЛ10 және GO8A сериялы локомотивтердің өмірлік циклы құнының есебі жүргізілді. Өмірлік циклдің құны келесі формула бойынша анықталады:

$$СЖЦ(LCC) = C_{np} + \sum_{t=1}^T (I_t + \Delta K_t - L_t) \cdot \alpha_t \quad (2)$$

Мұндағы: C_{np} - объектіні сатып алу бағасы (бастапқы құны), мың. \$; I_t – жылдық пайдалану шығыстары, мың. \$; ΔK_t - техниканы пайдалануға енгізуге байланысты ілеспе бір жолғы шығындар, мың. \$; L_t – объектінің тарату құны, мың. \$; α_t – дисконттау коэффициенті; t – ағымдағы пайдалану жылы; T – техникалық талаптарға немесе өзге де құжаттамаға сәйкес белгіленетін пайдаланудың соңғы жылы.

Бұл ретте ВЛ10 электровозының СЖЦ құны 21 млн.\$, ал GO8A электровозы - 17 млн. \$ құрады. Осылайша, GO8A бір электровозының СЖЦ ВЛ10 электровозының СЖС 19% - ға аз.

Екі локомотивтің өмірлік циклінің құнын салыстыру локомотивтерді жөндеу саны мен құны, пайдалану мерзімі мен локомотивтердің өнімділігі сияқты көрсеткіштерді ескеруге мүмкіндік береді.

Әдістеменің практикалық қолданылуы [3] ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді:

- жаңа жылжымалы құрамды өндіру және қолдану;

- жылжымалы құрамды жаңғыртудың орындылығы;

- жаңа жылжымалы құрамды сатып алудың мақсаттылығы және лимиттік бағасы.

Осылайша, нарықтық қатынастар және инвестицияларды шектеу жағдайында темір жолдардың жылжымалы құрамын жаңарту нұсқаларын таңдау проблемасы мемлекеттік маңызы бар проблемалар деңгейіне көтерілуде. Локомотивтерді жаңарту нұсқаларының экономикалық тиімділік аспектілерін талдау мен реттеудің негізіне оны әзірлеуден, іске асырудан және пайдаланудан бастап кәдеге жаратуға дейін өмірлік цикл құнының тұжырымдамасы қойылуы тиіс

ӘДЕБИЕТ

- [1] Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендыш. – Луганск: Ноулидж, 2011. – 174 с.
- [2] Калабухин Ю.Е. Применение концепции жизненного цикла для оценки инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте // БРНИ. 2013. №4 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-kontseptsii-zhiznennogo-tsikla-dlya-otsenki-investitsionnyh-proektov-na-zheleznodorozhnom-transporte>.
- [3] Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 27.12.2007 г. № 2459р.

REFERENCES

- [1] *Methods of life cycle assessment of railway traction rolling stock: monograph* [in Russian: Metody ocenki zhiznennogo cikla tyagovogo podvizhnogo sostava zheleznih dorog: monografiya]. E. D.

Tartakovsky, And S. G. Grishchenko, Yu. E. Kalabuhin, A. P. Falendysh. – Luhansk: Knowledge, 2011. - 174 p.

- [2] *Kalabuhin YU.E. Primenenie koncepcii zhiznennogo cikla dlya ocenki investicionnyh proektov na zheleznodorozhnom transporte* [in Russian: Kalabukhin Yu. E. Application of life cycle concept for evaluation of investment projects on railway transport]. BRNI. 2013. №4 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-kontseptsii-zhiznennogo-tsikla-dlya-otsenki-investitsionnyh-proektov-na-zheleznodorozhnom-transporte>.
- [3] *Metodika opredeleniya stoimosti zhiznennogo cikla i limitnoj ceny podvizhnogo sostava i slozhnyh tekhnicheskikh sistem zheleznodorozhnogo transporta, utverzhdannaya Rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 27.12.2007 g. № 2459r.* [in Russian: Methodology for determining the life cycle cost and limit price of rolling stock and complex technical systems of railway transport, approved by the Order of the Open joint stock company "Russian Railways" dated 27.12.2007 No. 2459r.]

ӨМІРЛІК ЦИКЛДІҢ ҚҰНЫ НЕГІЗІНДЕ ЛОКОМОТИВТЕР ПАРКІН ЖАҢАРТУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Токмурзина-Коберняк Наталья Анатольевна – т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; natalitokmur@mail.ru;

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

Шалабаев Михаил Каженович - т.ғ.к., қауымдастырылған-профессор М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; ata-ka@mail.ru;

Маханова Айжан Курпешовна – лектор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; maxanova.2012@mail.ru.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ЛОКОМОТИВОВ НА ОСНОВЕ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

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;

Шалабаев Михаил Каженович - к.т.н., ассоциированный-профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, Алматы, Казахстан; ata-ka@mail.ru;

Маханова Айжан Курпешовна – лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; maxanova.2012@mail.ru.

Аннотация. Стоимость жизненного цикла технических систем железнодорожного транспорта включает затраты единовременного (инвестиции) и текущего характера (эксплуатационные расходы) за срок службы. Также включает ликвидационные расходы, связанные с исключением объекта из эксплуатации. Существующие подходы к оценке эффективности обновления парка локомотивов по критерию минимальных годовых затрат и капиталовложений не дает возможность оценки эффективности применения локомотивов. Они имеют различную первоначальную стоимость, срок эксплуатации и надежность. Поэтому наиболее целесообразным является оценка эффективности обновления парка локомотивов на основе стоимости жизненного цикла сложной железнодорожной техники. В статье был проведен расчет стоимости жизненного цикла локомотивов серий ВЛ10 и GO8A, который показал, что СЖЦ одного электровоза GO8A на 19% меньше СЖС электровоза ВЛ10. С практической точки зрения применение данной методики позволяет научно обосновать: производство и применение нового подвижного состава; целесообразность модернизации подвижного состава; целесообразность приобретения и лимитную цену нового подвижного состава.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла локомотива, оценка эффективности обновления парка локомотивов, технико-экономические характеристики локомотива.

ДОРОЖНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 168-174

ROAD MAINTENANCE MAINTENANCE

Kopenov Bakhtiyar, Ph. D., associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications. M. Tynyshpaeva, madiiskakov69@mail.ru

Zhussupov Kenes, candidate of technical Sciences, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Yessengaliyev Manarbek, candidate of technical Sciences, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, m.esengaliyev@mail.ru

Abstract. Competent service is the key to both productivity and profitability of the equipment, which is literally in your hands. This advice, as well as others collected in this article, is given to managers responsible for the maintenance of heavy road construction equipment, managers of foreign firms that lease equipment. Consider diesel engines. They are equipped with most modern self-propelled construction machines. In our climate, they can be exposed to significant changes in temperature. In the instructions for the care of the machine for the operator (who it should be, and not gather dust in the safe) is thoroughly painted maintenance of all systems and components of the diesel engine, indicating the frequency in the motorcycle hours. To ensure that the engine is always in working condition, the user is obliged to check it regularly, and some simple operations to do daily. An experienced mechanic inspection does not take much time, and only after that the operator can sit in the cockpit.

It is very important to choose the right lubricant for specific operating conditions. It is necessary to accurately follow the recommendations of the manufacturer of equipment. Some manufacturers give lubricants their own names and recommend using only them. Usually it is declared that in the case of their use, the frequency of replacement increases. However, most often machine manufacturers offer to use well-known brands of lubricants, with their classification according to API or NLGI. If the lubricant that meets the requirements of the manufacturer of the machine can not be obtained, you can choose a closer in characteristics.

The key to effective maintenance. When several managers in charge of machine maintenance at hard-to-reach construction and quarrying firms were asked what they thought was most important for the maintenance program to work effectively, they all responded the same way: complete maintenance on time. This is much more important than everything else combined and, above all, it is important for lubrication. If possible, we recommend that you use computer-monitored preventive MAINTENANCE programs.

Key words: Engine, oil, equipment, durability, fuel.

УДК 656.071.8

Б.Т. Копенов¹ К.А. Жусупов¹, М.Н. Есенгалиев¹

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Техническое обслуживание дорожно-строительной техники относится к категории трудоемких работ. Это связано с конструктивной сложностью машин, необходимостью применять многоступенчатую диагностику и тестирование, использовать множество деталей и механизмов для восстановления функциональности оборудования.

Правильный подход к сервису машины начинается уже при ее покупке. На этом этапе необходимо учесть, предлагает ли фирма-производитель обучение операторов и ремонтников и насколько эффективно это обучение.

Грамотное обслуживание – залог производительности, и рентабельности оборудования, который буквально находится в ваших руках. Этот совет, как и другие, собранные в

этой статье, дают руководителям, отвечающим за техобслуживание тяжелой дорожно-строительной техники, менеджеры зарубежных фирм, сдающих технику в аренду.

Ключевые слова: двигатель, масло, оборудование, долговечность, топливо.

Рассмотрим дизельные двигатели. Ими оборудовано большинство современных самоходных строительных машин. В условиях нашего климата они могут подвергаться воздействию значительных перепадов температуры. В инструкции по уходу за машиной для оператора (у которого она и должна находиться, а не пылиться в сейфе) досконально расписано техническое обслуживание всех систем и узлов дизеля с указанием периодичности в мото-часах. Чтобы двигатель постоянно находился в рабочем состоянии, пользователь обязан регулярно его проверять, а некоторые простейшие операции делать ежедневно. У опытного механика осмотр не занимает много времени, и только после этого оператор может усаживаться в кабину.

Теперь рассмотрим чуть подробнее различные системы. Например, топливоподача. Беспрепятственная и непрерывная подача топлива – важнейшее условие работоспособности дизеля, поэтому техобслуживание должно включать в себя проверку герметичности топливопроводов, а также осмотр трубок на наличие перегибов и смятий. Надо следить, чтобы в топливе не было воды, так как это наиболее распространенная причина отказов системы впрыска топлива. Проверяется, не засорены ли топливные фильтры, нет ли в них следов воды. Большинство фильтров задерживают частицы грязи, но не воду (если только ее немного). Дело в том, что в подкачивающем насосе вода образует эмульсию с топливом и в таком виде проходит через фильтр. Если в топливном фильтре обнаружился следы воды, вероятно, она уже попала в систему впрыска. Следует немедленно промыть всю систему топливоподачи свежим качественным топливом. Избавиться от «водяных» проблем можно и с помощью специальных спиртосодержащих составов, но часто применять их не следует, так как они увеличивают отложение нагара на

клапанах и коррозию деталей. Надо слить отстой (воду) из бака, заменить топливный фильтр, заправить топливом, не содержащим воды, затем пустить двигатель и дать ему поработать в течение нескольких минут. Рекомендуется установить дополнительный фильтр на выходе из топливного бака, он позволит лучше защищать систему питания, задерживая грязь и ржавчину. Теперь выпуск воздуха. Беспрепятственная подача очищенного воздуха в дизель – необходимое условие его работоспособности. Подсос пыли через негерметичный впускной воздуховод способен сильно сократить ресурс двигателя: твердые частицы будут буквально «обдирать» рабочую поверхность цилиндра. Поэтому техобслуживание должно включать в себя проверку всего воздушного тракта на герметичность. Причиной ее нарушения может стать ослабший хомут или трещина в воздуховоде. Следует проверить элементы воздушных фильтров, при необходимости очистите или замените их. Проверить, нет ли негерметичных мест на стыках или гофрах. Обслуживание системы охлаждения: ее следует заправлять жидкостью на этилен-гликолевой основе с низким содержанием силиката и рекомендованным производителем содержанием присадок-ингибиторов. Систему охлаждения следует полностью промывать средством с высокой очищающей способностью и заправлять свежей жидкостью с присадками-ингибиторами не реже 1 раза в 2 года или через 1 200 мото-часов работы. Очень важно, чтобы при этом были также заменены термостаты. Весьма полезно проводить химический анализ охлаждающей жидкости через каждые 500 – 600 мото-часов. Не менее важно предусмотреть в программе обслуживания замену потрескавшихся, разбухших или изношенных шлангов.

Наружное загрязнение радиатора способно принести немало проблем. Следует вычистить всю грязь – как набившуюся между пластинами сердцевины, так и скопившуюся вокруг него. Проверить, не замяты ли пластины радиатора, при необходимости выправьте их. Убедиться, что все панели-воздуховоды находятся на своих местах. Проверить, не изношен ли приводной ремень вентилятора, не проскальзывает ли он на шкиве. При перечислении кажется, что объем работ очень большой, но в действительности они не требуют много времени. Их выполнение приносит много пользы, так как техника работает, а не простаивает на ремонте.

Рассмотрим газораспределительный механизм. На регулировку зазора в клапанном механизме часто не обращают внимания и напрасно. Зазор должен быть достаточно большим для компенсации теплового расширения деталей. При правильной регулировке двигатель гораздо лучше заводится, топливно-воздушная смесь используется эффективнее, обеспечивается максимальная мощность и уменьшается риск перегрева двигателя. Очень важно, чтобы зазоры в клапанном механизме регулировались с периодичностью, рекомендованной инструкцией. В современных дизелях нагрузки в ГРМ очень высоки, поэтому должное обслуживание чрезвычайно важно.

Электрооборудование: аккумуляторная батарея – это «центр» системы электрооборудования. Проверка ее состояния жизненно важна для обеспечения работоспособности машины. Главное условие долговечности – батарея должна быть полностью заряжена. Если зарядка не обеспечивается, следует проверить надежность контактов в соединениях проводов с генератором и аккумулятором. Помните, клемму проще защитить, чем «вылечить»!

Еще одна распространенная проблема – плохое натяжение ремня вентилятора. Если контакты в порядке, а ремень натянут, нужно заменить реле-регулятор или генератор. Проверьте

стартер. Убедитесь в надежности и в отсутствии коррозии на проводах свечей накаливания. При необходимости приведите клеммы в порядок. Не забудьте проверить предохранители.

Смазка оборудования. Это довольно сложный процесс, который необходимо выполнять очень тщательно. Возможность эффективной смазки закладывается при проектировании машины. Решая, какую марку оборудования приобрести, попытайтесь понять, удобна ли его конструкция для обслуживания. Гидравлический бак недостаточного объема, недостаточное количество или неправильное расположение пресс-масленок для пластичной смазки, неправильно организованный теплоотвод – все эти недостатки конструкции скажутся на смазке трущихся поверхностей и могут стать причиной неисправностей. Весьма важен правильный выбор смазки для конкретных условий эксплуатации. Нужно по возможности точно следовать рекомендациям изготовителя техники. Некоторые производители присваивают смазочным материалам свои имена и рекомендуют применять только их. Обычно при этом декларируется, что в случае их использования периодичность замены увеличивается. Однако чаще всего изготовители машин предлагают пользоваться известными марками смазочных материалов, при этом приводится их классификация по API или NLGI. Если смазку, соответствующую требованиям изготовителя машины, достать не удастся, можно выбрать более близкую по характеристикам.

Моторное масло: при работе в регионе, где неизвестно точное содержание серы в топливе, либо если определенно известно, что содержание серы выше 0,5%, следует выбирать моторное масло с более высоким TBN (щелочным числом), т.е. использовать масло более высокой эксплуатационной группы по классификации API или по национальному стандарту. Это масло должно иметь разрешение для применения в условиях эксплуатации, в которых работает

двигатель. В частности, если у вашей машины безнаддувный двигатель, следует перейти на масло для дизелей с наддувом. Масло более высокого качества обладает лучшими диспергирующе-моющими свойствами, позволяющими лучше бороться с повышенным образованием сажи и нагара в результате использования высокосернистых топлив, это позволит сэкономить значительные средства на уменьшении объема ремонта и времени простоя машины.

Побочные продукты сгорания высокосернистого топлива попадают в масло и нейтрализуют полезные присадки, содержащиеся в базовом масле, что увеличивает коррозию деталей двигателя. Кроме того, выпускные клапаны и верхние части поршней, подвергающиеся воздействию сгорающего высокосернистого топлива (в двигателях, работающих на масле с низким «щелочным числом»), также подвержены коррозионному износу, на этих деталях откладывается значительное количество нагара. Все это приводит к увеличению износа деталей двигателя.

В связи с ужесточением требований к токсичности отработавших газов, конструкции новых дизелей изменились, увеличились рабочие температуры деталей и их чувствительность к отложению нагара. В результате значительное количество частиц сажи попадает в масло, что вызывает его разжижение и засорение масляного фильтра. Это, в свою очередь, затрудняет подачу масла к трущимся поверхностям, ведет к увеличению износа и, в конечном счете, выходу из строя двигателя. Следует заметить, что в настоящее время все большее число стран, в том числе Россия, законодательно ограничивают содержание серы в дизельном топливе, поэтому большинству наших читателей этот совет, к счастью, не понадобится.

Трансмиссионные масла: часто забывают о такой потенциальной возможности экономить средства и уменьшить время простоя машины, как правильный выбор трансмиссионного

масла. В современных трансмиссиях увеличен коэффициент передачи мощности, и в случае замены трансмиссия может стоить дороже двигателя. Применение новых материалов, таких как фторопласты или Viton, позволило улучшить коэффициент передачи мощности. Однако эти материалы несовместимы с моторными маслами, традиционно используемыми в качестве трансмиссионных.

Если такое масло попадает на фторопласт, он становится хрупким, что может привести к преждевременному отказу трансмиссии. Еще до ее отказа воздействие масла может стать причиной разрушающе-высоких температур в сцеплении, быстрого износа сцепления и планетарной передачи и, в результате, уменьшения коэффициента передачи мощности при работе машины с большой нагрузкой. В новейших конструкциях мощность двигателя, как правило, увеличена, а размерность трансмиссии уменьшена для улучшения ремонтпригодности.

Нефтеперерабатывающие компании создают все новые сорта ГСМ, соответствующие требованиям двигателей и трансмиссий, поэтому подбор правильного типа ГСМ займет немного времени, но позволит сэкономить большие средства. Гидравлические системы. Принципы действия гидросистем просты, но работать с ними сложно. Множество причин могут вызвать отказ насосов, например, чрезмерное снижение или повышение давления, утечки масла из системы. Зачастую операторы вместо того, чтобы выявить и устранить причину неисправности, просто доливают масло в систему, чтобы машина продолжила работу. Конечно, при этом используется самое дешевое масло для гидросистем, поскольку «оно все равно скоро вытечет».

Такой подход нередко превращается в дорогое удовольствие. В продаже имеется множество типов гидравлических масел, но при выборе лучше всего придерживаться рекомендаций изготовителя гидравлического оборудования. Не менее

важен размер бака. Его вместимость должна быть равна примерно десятиминутной производительности гидронасоса.

При строительных и дорожных работах давление в гидросистеме машины порой поднимается до очень больших величин, при этом насосы продолжают работать и на температуру масла никто не обращает внимания. Однако каждые 10° после +37°С сокращают срок службы масла на 50%. Перегрев также становится причиной образования твердого шлама, заполняющего технологические зазоры, вызывающего коррозию и повышенное выделение тепла при каждом рабочем цикле. Причиной перегрева могут быть и использование гидравлического масла несоответствующей вязкости, и плохая подгонка деталей гидронасоса, и засорение масляного теплообменника или утечки масла внутри системы.

Однако наиболее частой причиной выхода из строя гидравлических систем является неполное и неправильное ТО. Фильтрация масла и чистота в системе – главные условия максимально длительной службы гидравлического оборудования. Для предотвращения или, по крайней мере, минимизации загрязнения (причина примерно 70% отказов гидрооборудования), необходимо, чтобы проводили техобслуживание и управляли этим гидравлическим оборудованием хорошо и правильно обученные работники. Пренебрежение к базовому обучению может иметь катастрофические последствия.

Консистентная смазка: опытные работники знают, что неправильное применение пластичной смазки - наиболее распространенная причина ускоренного износа подшипников, шарниров и сочленений. За исключением редко встречающихся недостатков в конструкции, изготовитель оборудования, как правило, не виноват в поломках. Самое интересное, что большинство отказов, вызванных этой причиной, «запрограммированы» еще до того, как оборудование начнет по-настоящему

работать. Пластичная смазка – сложная смесь, представляющая собой масло (или масла), молекулы которого (-ых) налипают на тончайшие волокна, состоящие из молекул загустителя. Под действием тепла и с течением времени ее свойства могут изменяться. Консистентная смазка не должна храниться больше года и, по возможности, должна находиться в закрытой таре. Ей не следует подвергаться воздействию влаги и тепла. Типичные признаки потери свойств – выделение или разделение масла и загустителя, появление растрескавшейся корочки на поверхности и любые другие изменения внешнего вида или структуры.

Когда смазка хранится вне помещения в бочках, стоящих на днище пробками вверх, на них собирается дождевая вода и снег. Даже если пробки закрыты герметично, вода, в конце концов, неизбежно проникнет в бочку. Поэтому не рекомендуется хранить их под открытым небом, а если помещения для хранения нет, бочки должны находиться в лежащем положении (на боку) с пробкой в положении цифр «3» или «9» на циферблате часов. Если это невозможно, хотя бы наклоните их так, чтобы вода не застаивалась вокруг пробок.

Если приняты меры по недопущению проникновения влаги и других загрязняющих веществ в смазку (разумеется, в пределах срока годности), остается только следить, чтобы оборудование смазывалось достаточно часто. К сожалению, нередко работники, выполняющие обслуживание, «забывают» смазать труднодоступные места и именно там, в первую очередь возникают неисправности.

Выводы. Залог эффективности техобслуживания. Когда нескольких руководителей, отвечающих за техобслуживание машин в фирмах, занимающихся строительством в труднодоступной местности и разработками карьеров, спросили, что, по их мнению, является самым важным для эффективной работы программы техобслуживания, они все ответили одинаково: своевременное

проведение обслуживания в полном объеме. Это намного важнее всего остального вместе взятого и, прежде всего, это важно для смазки. По возможности рекомендуется пользоваться программами превентивного ТО, отслеживаемого компьютером.

Вне зависимости от того будет ли отслеживать периодичность компьютер, или учет будет вестись старыми методами, руководитель отдела обслуживания тяжелой техники должен следить за полным выполнением программ, поскольку превентивное обслуживание обойдется дешевле ремонта после поломки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Новиков И.В., Хижиак В.О. Техническое обслуживание и ремонт грузоподъемных машин с гидравлическим приводом. - М, Стройиздат, 1989, - 159 с.
- [2] Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. - М., 1969, - 134 с.
- [3] Петухов Р.М. Методика экономической оценки износа и сроков службы машин // М., Экономика, 1965, 167 с.
- [4] Паньков Н.П. Надежность автомобильной техники. - М., Транспорт, 1974, 160 с
- [5] Повышение эффективности использования машин в строительстве /Межвуз. Темат. Сб. тр. ЛИСИ. Л., 1984, 153 с.
- [6] Полянский С.К., Липецкий Г.И. Техническая эксплуатация машин в строительстве. Киев, 1979, 141 с.
- [7] Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. ВСН 6-90 /Мин-автодор. М, 1990, 84 с.

REFERENCES

- [1] I.V.Novikov, V.O. Hijnyak. *Tekhnicheskoe obslujivanie i remont gruzopodemnyh ma-chin s gidravlicheckim privjdom.* [in Russian: Maintenance and repair of lifting machines with hydraulic drive] Moscow, StroiPubl., 1989, 159 p.
- [2] O.A.Novikov, S.I. Petyhov. *Prikladnye voprosy teoryi massovogo obslujivanya.* [in Russian: Applied problems of the queueing theory] Moscow, 1969, 134 p.
- [3] R.M.Petyhov.*Metodika ekonomicheskoy ochenki iznosa I srokov slujby mashin* // [in Russian: Method of economic evaluation of wear and service life of machines]Moscow, Ekonomika, 1965, 167 p.
- [4] N.P.Pankov. *Nadejnost avtomomobylnoy tehniki.* [in Russian: Reliability of automotive equipment] Moscow, Transport. Publ.], 1974, 160 p.
- [5] *Povyshenye effektivnosti ispolzovaniya machin v stroitelstve* / [in Russian: Increase of efficiency of use of machines in construction] Mezhvuz. Temat. Sb. tr. LISI. L., 1984, 153 p.
- [6] S.K.Polyanskyi, G.i.Lipecky. *Tekhnicheskay ekspluatachia machin v stroitelstve.* [in Russian Technical operation of machines in construction.] Kiev, 1979, 141 p.
- [7] *Pravila diagnostiki I ochenki sostoyaniya avtodorog.* [in Russian: Rules of diagnostics and assessment of the state of roads] BSN 6-90 /Minavto-dor. Moscow 1990, 84 с.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Копенов Бахтияр Темирбекович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, madiiskakov69@mail.ru

Жусупов Кенес Амирлович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru

Есенгалиев Манарбек Нурасбекович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, m.esengaliev@mail.ru

ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫ ЖАБДЫҚТАРЫН САҚТАУ

Копенов Бахтияр Темирбекович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, madiiskakov69@mail.ru

Жусупов Кенес Амирлович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kenes_atabai@mail.ru

Есенгалиев Манарбек Нурасбекович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, m.esengaliev@mail.ru

Аңдатпа. Жол-құрылыс техникасына техникалық қызмет көрсету көп еңбекті қажет етеді. Бұл машиналардың құрылымдық күрделілігіне, диагностика мен тестілеудің көп сатылы әдістерін қолдану қажеттілігіне, жабдықтың жұмысын қалпына келтіру үшін көптеген бөлшектер мен механизмдерді қолдануға байланысты.

Құрылыстың қызметіне дұрыс көзқарас сіз оны сатып алған кезде басталады. Бұл кезеңде өндіруші операторды оқыту және лақап аттарды жөндеуді ұсынады ма және бұл оқыту қаншалықты тиімді екенін қарастыру керек.

Техникалық қызмет көрсету - бұл сіздің қолыңызда болатын жабдықтың өнімділігі мен пайдалылығының кепілі. Бұл кеңес, осы мақалада жиналған басқалар сияқты, ауыр жол-құрылыс техникаларына қызмет көрсетуге жауап беретін менеджерлерге, жабдықты жалдайтын шетелдік компаниялардың менеджерлеріне береді.

Кілт сөздер: қозғалтқыш, май, жабдық, ұзақ қызмет, жанармай.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 174-180

ROLE OF TECHNICAL SERVICE IN THE DEVELOPMENT OF THE COMPANY SYSTEM OF SERVICE OF CONSTRUCTION AND ROAD EQUIPMENT

Kopenov Bakhtiyar, Ph. D., associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications. M. Tynyshpaeva, madiiskakov69@mail.ru

Zhussupov Kenes, candidat of technical Sciences, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Yessengaliyev Manarbek, candidat of technical Sciences, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, m.esengaliyev@mail.ru

Abstract. Problems of competent service of building-road and other self-propelled technics are considered. The conclusion that preventive service will manage more cheaply repair after breakage is received.

Competent service is the key to both productivity and profitability of the equipment, which is literally in your hands. This advice, as well as others collected in this article, is given to managers responsible for the maintenance of heavy road construction equipment, managers of foreign firms that lease equipment. Consider diesel engines. They are equipped with most modern self-propelled construction machines. In our climate, they can be exposed to significant changes in temperature. In the instructions for the care of the machine for the operator (who it should be, and not gather dust in the safe) is thoroughly painted maintenance of all systems and components of the diesel engine, indicating the frequency in the motorcycle hours. To ensure that the engine is always in working condition, the user is obliged to check it regularly, and some simple operations to do daily. An experienced mechanic inspection does not take much time, and only after that the operator can sit in the cockpit.

It is very important to choose the right lubricant for specific operating conditions. It is necessary to accurately follow the recommendations of the manufacturer of equipment. Some manufacturers give lubricants their own names and recommend using only them. Usually it is declared that in the case of their use, the frequency of replacement increases. However, most often machine manufacturers offer to use well-known brands of lubricants, with their classification according to API or NLGI. If the lubricant that meets the requirements of the manufacturer of the machine can not be obtained, you can choose a closer in characteristics.

The key to effective maintenance. When several managers in charge of machine maintenance at hard-to-reach construction and quarrying firms were asked what they thought was most important for the maintenance program to work effectively, they all responded the same way: complete maintenance on time. This is much more important than everything else combined and, above all, it is important for lubrication. If possible, we recommend that you use computer-monitored preventive MAINTENANCE programs.

Key words: Engine, oil, equipment, durability, fuel.

УДК 656.071.8

Б.Т. Копенов¹, К.А.Жусупов¹, М.Н.Есенғалиев¹

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

РОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ ФИРМЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Техническое обслуживание дорожно-строительной техники относится к категории трудоемких работ. Это связано с конструктивной сложностью машин, необходимостью применять многоступенчатую диагностику и тестирование, использовать множество деталей и механизмов для восстановления функциональности оборудования.

Правильный подход к сервису машины начинается уже при ее покупке. На этом этапе необходимо учесть, предлагает ли фирма-производитель обучение операторов и ремонтников и насколько эффективно это обучение.

Грамотное обслуживание – залог и производительности, и рентабельности оборудования, который буквально находится в ваших руках. Этот совет, как и другие, собранные в этой статье, дают руководителям, отвечающим за техобслуживание тяжелой дорожно-строительной техники, менеджеры зарубежных фирм, сдающих технику в аренду.

Ключевые слова: двигатель, масло, оборудование, долговечность, топливо.

Выбор стратегии развития сервиса строительных и дорожных машин должен в основном базироваться на основных принципах и задачах системы фирменного обслуживания. Конечно, выбор стратегии также определяют экономическая ситуация в стране, состояние отрасли строительного и дорожного машиностроения, качество продукции, принятые концепции развития строительных отраслей и т. д.

Основополагающим принципом систем фирменного обслуживания является полная ответственность предприятий-изготовителей за работоспособность продукции в течение всего срока ее эксплуатации в любом регионе. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что функционирование рынков продукции находится под огромным влиянием систем фирменного обслуживания производителей. Эти системы позволяют удовлетворять потребности в средствах механизации не столько за счет экстенсивного увеличения числа техники, сколько благодаря повышению качества и эффективности ее использования.

Необходимость развития фирменного обслуживания обусловлена широким внедрением в современных

дорожных и строительных машинах сложных и особо сложных систем гидравлического и электрического оборудования, что требует более современных форм и методов технического обслуживания и ремонта при участии предприятий-изготовителей.

Система фирменного обслуживания должна занять свое место в сложившейся в нашей стране системе поддержания машин в работоспособном состоянии, когда вся ответственность ложится на предприятия, эксплуатирующие технику, тем более что большинство ремонтно-эксплуатационных баз находится в крайне запущенном состоянии. Обеспеченность по диагностическому оборудованию - 5-7%, испытательным стендам - 30, мобильным средствам ТО и ТР - 30-40% и т. д.

В основе системы фирменного обслуживания заложены следующие принципы:

1. Ответственность за организацию технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации несет фирма-изготовитель (это вызвано стремлением сохранить и развить рынки сбыта).

2. Техническое обслуживание является важнейшим инструментом борьбы фирм за сферы влияния. Борьба на рынке сбыта все чаще выходит за рамки маневрирования ценой. Передовые фирмы предпочитают бороться на основе совершенствования конструкции машин и предоставления более широкого комплекса услуг в процессе их эксплуатации.

3. Система технического сервиса включает весь комплекс услуг, в том числе модернизацию машин. Масштабы работ и видов услуг не регламентированы и определяются потребителем совместно с фирмой-изготовителем.

4. Фирма-изготовитель организует технический сервис своей продукции независимо от территориальной разобщенности объектов эксплуатации. Реализация этого принципа требует хорошо организованной и разветвленной сети предприятий системы фирменного обслуживания.

5. Формы и организация системы технического обслуживания и текущего ремонта разнообразны (непосредственный контакт изготовитель-потребитель или через посредника).

6. В систему фирменного обслуживания включается:

- продажа техники;
- доставка;
- предпродажное обслуживание;
- ввод в эксплуатацию;
- обеспечение запасными частями;
- учет и удовлетворение рекламаций в гарантийный период;

- техническое обслуживание и ремонт в течение всего срока эксплуатации;
- технические консультации и информационное обеспечение;
- обучение специалистов; организация наблюдения за работой техники;
- участие в работе по совершенствованию конструкций.

Решение перечисленных задач системы фирменного обслуживания требует серьезных капиталовложений, развитой дилерской сети (по региональному принципу), предварительной разработки нормативной и эксплуатационной документации и других организационных и научных проработок. Таким образом, технический сервис превратился в важнейшую отрасль сферы услуг, неразрывно связанной со сферой производства.

Технический сервис является значительной, а в ряде случаев важнейшей статьей доходов. По опубликованным в США подсчетам экономистов, каждый доллар, вложенный в производство запасных частей и организацию технического обслуживания произведенного и проданного оборудования, может обеспечить вдвое большую прибыль, чем само оборудование. Цены на узлы, детали и агрегаты, реализуемые в качестве запасных частей, как правило, в 1,5-2 раза выше, чем на те же узлы и детали, используемые для сборки новой машины. В том случае, когда машина снята с производства, цены на запасные части возрастают в 5-6 раз. Сохраняя инструмент, оснастку, техническую документацию, необходимые при производстве запасных частей для снятого с производства оборудования, машиностроительные предприятия США гарантируют поставку любой детали к оборудованию в течение 10-12 лет со времени его выпуска.

На выбор варианта стратегии сервисного обеспечения строительной и

дорожной техники, конечно, оказывает запасных частей, сборочных единиц, услуг
 существенное влияние состояние и технического сервиса (см. табл.1).
 функционирование рынков техники,

Таблица 1 – Возможные варианты организации технического сервиса
 Table 1 – Possible options for the organization of technical service

Вариант	Обеспечение запасными частями	Гарантийное обслуживание	Техническое обслуживание	Текущий ремонт	Замена агрегатов	Капитальный ремонт
1	Региональный дилер завода - изготовителя	Региональный дилер завода - изготовителя	Эксплуатационное предприятие	Эксплуатационное предприятие	Региональный дилер завода - изготовителя	Ремонтные заводы
2	Региональный дилер завода - изготовителя	Региональный дилер завода - изготовителя	Базовое эксплуатационное предприятие (субдилер)	Базовое эксплуатационное предприятие (субдилер)	Базовое эксплуатационное предприятие	Ремонтные заводы по контракту с заводом изготовителем

Рынок техники характеризуется:

- наличием монополистов в изготовлении отдельных видов техники;
- присутствием зарубежных производителей (10-15% общего объема рынка, а до 1998 г. 30-40%);
- существованием вторичного рынка новой техники, что объясняется бартерными сделками, погашением долгов и налогов продукцией;
- наличием у многих производителей довольно развитой товаропроводящей сети – представительства, дилеры, торговые агенты (только в Москве и Московской области имеется около 370 организаций, торгующих техникой);
- низким качеством продукции;
- значительной разницей в ценах на отечественную и зарубежную продукцию;
- низким объемом и платежеспособностью рынка.

Рынок запасных частей, в свою очередь, характеризуется:

- неполнотой охвата всей номенклатуры техники (ДЗ-98, А-120 - ЗАО "Челябинский завод строительно-дорожных машин им. Колущенко", ЕУ - Ивановский экскаваторный завод; двигатели - Рыбинский моторный завод);

- отсутствием отдельных сборочных единиц;
- сравнительно большим количеством фирм, занимающихся продажей запасных частей;
- относительно низким качеством продукции;
- нарушением связей с заводами СНГ;
- отсутствием на складах фирм широкой номенклатуры запасных частей (в связи с ограниченностью оборотных средств);
- низким уровнем работы представительств, торговых домов и доверенных дилеров заводоизготовителей;
- слабым взаимодействием по запасным частям заводоизготовителей сборочных единиц с изготовителями полнокомплектной техники;
- повышением спроса на качественные (следовательно, более дорогие, импортные) запасные части;
- активизацией на рынке заводов смежных отраслей, конверсионных предприятий;
- тенденцией к приобретению ремонтных комплектов;
- достаточно высоким объемом капитально отремонтированных запасных частей;

- неподконтрольностью рынка заводам-изготовителям машин.
- Рынок услуг (технического сервиса) представлен ограниченным числом предприятий, что обусловлено следующими причинами:
 - ведение данного вида деятельности требует значительных капиталовложений и оборотных средств;
 - нет опыта работы на коммерческой основе в данном направлении;
 - заводы-изготовители в этой работе активно не участвуют, а главное, не руководствуются принципами системы фирменного обслуживания.

Таким образом, необходима разработка стратегий поддержания техники в работоспособном состоянии на основании:

- анализа сложившейся экономической ситуации на заводах изготовителях, в отраслях-потребителях техники и в стране в целом;
- сложившихся годами взаимоотношений между изготовителями и потребителями техники;
- анализа принятой ранее "ведомственной" стратегии обеспечения работоспособности техники;
- обобщения опыта работы в течение восьми лет в условиях рынка фирм, занимающихся продажей техники, реализацией запасных частей и сервисом.

Для разработки общей стратегии следует учитывать следующие положения:

1. Система фирменного обслуживания является современным и эффективным способом поддержания работоспособного состояния техники непосредственно ее изготовителями.

2. Создание сети региональных технических центров изготовителями техники при их экономическом положении невозможно (в среднем стоимость технического центра 6-12 млн. долларов).

3. Владельцами производственных площадей, пусть устаревшего, но все же имеющегося оборудования для технического обслуживания, диагностики и текущего ремонта, а также документации являются крупные пользователи техники и коммерческие структуры.

4. В настоящее время отсутствует взаимодействие заводов-изготовителей полнокомплектной техники и заводов-изготовителей запасных частей на стадии эксплуатации продукции. Это взаимодействие осуществляют фирмы, продающие технику, обеспечивающие ее запасными частями, выполняющие гарантийное и послегарантийное обслуживание.

5. При организации технического сервиса необходимо порегионально учитывать мощности предприятий, производящих и ремонтирующих запасные части, узлы и агрегаты.

6. Развитие технического сервиса в системе фирменного обслуживания должно осуществляться на региональной основе, с учетом количественного и качественного анализа машинных парков.

7. Заводы-изготовители полнокомплектной техники, при разработке стратегий развития систем технического сервиса должны кооперироваться с другими заводами изготовителями, использующими аналогичную элементную базу, но не являющимися конкурентами на рынке техники.

8. Заводы-изготовители должны разработать нормативно-эксплуатационную документацию нового поколения, ориентированную на новые задачи предприятий.

Основные задачи, требующие научной проработки:

- разработка научных основ формирования сервисного

сопровождения строительной и дорожной техники;

- оптимизация видов услуг и технологий их выполнения;
- оптимизация размещения сети технических центров и ремонтных предприятий;
- разработка нормативных и технологических документов, обеспечивающих высокое качество технического обслуживания и текущего ремонта;
- разработка комплекса технологического оборудования и оснастки для технического обслуживания и текущего ремонта;
- разработка технологических основ централизованного восстановления деталей;
- разработка системы сбора и анализа информации по надежности

и условиям эксплуатации (обслуживание и условия работы).

Выводы. Таким образом, переход отечественных изготовителей строительной и дорожной техники к системе фирменного обслуживания может быть осуществлен при участии наиболее технически оснащенных эксплуатационных предприятий, а также коммерческих структур, оказывающих услуги в области технического сервиса. Переход отечественных изготовителей строительной и дорожной техники к системе фирменного обслуживания может быть осуществлен при участии наиболее технически оснащенных эксплуатационных предприятий, а также коммерческих структур, оказывающих услуги в области технического сервиса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Новиков И.В., Хижняк В.О. Техническое обслуживание и ремонт грузоподъемных машин с гидравлическим приводом. – М.: Стройиздат, 1989, 159 с.
- [2] Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. –М., 1969, 134 с.
- [3] Петухов Р.М. Методика экономической оценки износа и сроков службы машин // М., Экономика, 1965, 167 с.
- [4] Паньков Н.П. Надежность автомобильной техники. М., Транспорт, 1974, 160 с.
- [5] Повышение эффективности использования машин в строительстве /Межвуз. Темат. Сб. тр. ЛИСИ. Л., 1984, 153 с.
- [6] Полянский С.К., Липецкий Г.И. Техническая эксплуатация машин в строительстве. Киев, 1979, 141 с.
- [7] Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. ВСН 6-90 /Мин-автодор. М, 1990, 84 с.

REFERENCES

- [1] I.V.Novikov, V.O. Hijnyak. *Tekhnicheskoe obslujivanie i remont gruzopodemnyh ma-chin s gidravlicheckim privjdom.* [in Russian: Maintenance and repair of lifting machines with hydraulic drive] Moscow, StroiPubl., 1989, 159 p.
- [2] O.A.Novikov, S.I. Petyhov. *Prikladnye voprosy teoryi massovogo obslujivanya.* [in Russian: Applied problems of the queueing theory] Moscow, 1969, 134 p.
- [3] R.M.Petyhov. *Metodika ekonomicheskoy ochenki iznosa i srokov slujby mashin* // [in Russian: Method of economic evaluation of wear and service life of machines]Moscow, Ekonomika, 1965, 167 p.
- [4] N.P.Pankov. *Nadejnost avtomobylnoy techniki.* [in Russian: Reliability of automotive equipment] Moscow, Transport. Publ., 1974, 160 p.
- [5] *Povyshenye effektivnosti ispolzovaniya machin v stroitelstve* [in Russian: Increase of efficiency of use of machines in construction] Mejevuz. Temat. Sb. tr. LISI. L., 1984, 153 p.
- [6] S.K.Polyanskyi, G.i.Lipecky. *Tekhnicheskay ekspluatachia machin v stroitelstve.* [in Russian Technical operation of machines in construction.] Kiev, 1979, 141 p.
- [7] *Pravila diagnostiki i ochenki sostoyaniya avtodorog.* [in Russian: Rules of diagnostics and assessment of the state of roads] BSN 6-90 /Minavto-dor. Moscow 1990, 84 с.

РОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ ФИРМЕННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Копенов Бахтияр Темирбекович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, madiiskakov69@mail.ru

Жусупов Кенес Амирлович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru

Есенгалиев Манарбек Нурасбекович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, m.esengaliev@mail.ru

ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ ЖОЛ ТЕХНИКАСЫНА ФИРМАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІН ДАМУДАҒЫ ТЕХНИКАЛЫҚ СЕРВИСТІҢ РӨЛІ

Копенов Бахтияр Темирбекович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, madiiskakov69@mail.ru

Жусупов Кенес Амирлович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kenes_atabai@mail.ru

Есенгалиев Манарбек Нурасбекович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, m.esengaliev@mail.ru

Андатпа. Жол-құрылыс техникасына техникалық қызмет көрсету көп еңбекті қажет етеді. Бұл машиналардың құрылымдық күрделілігіне, диагностика мен тестілеудің көп сатылы әдістерін қолдану қажеттілігіне, жабдықтың жұмысын қалпына келтіру үшін көптеген бөлшектер мен механизмдерді қолдануға байланысты.

Құрылыстың қызметіне дұрыс көзқарас сіз оны сатып алған кезде басталады. Бұл кезеңде өндіруші операторды оқыту және лақап аттарды жөндеуді ұсынады ма және бұл оқыту қаншалықты тиімді екенін қарастыру керек.

Техникалық қызмет көрсету - бұл сіздің қолыңызда болатын жабдықтың өнімділігі мен пайдалылығының кепілі. Бұл кеңес, осы мақалада жиналған басқалар сияқты, ауыр жол-құрылыс техникаларына қызмет көрсетуге жауап беретін менеджерлерге, жабдықты жалдайтын шетелдік компаниялардың менеджерлеріне береді.

Кілт сөздер: қозғалтқыш, май, жабдық, ұзақ қызмет, жанармай.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 180-190

MICRORIBBLETS AS INSTRUMENT OF CONTROL OF AERODYNAMIC DRAG REDUCTION OF TRANSPORT VEHICLE

Olga Churkina, Cand.Sci.(Phys.-math.), Associate Professor, Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; olga.churkina.54@mail.ru

Abstract. Aerodynamic drag reduction of transport vehicle is substantial reserve of increase of his aerodynamic perfection.

This article is sanctified to the role of well-organized microrelief of surface of transport vehicle as longitudinal riblets of three cornered sectional, allowing effectively to control the flow in a boundary layer and, thus, to influence on the size of his aerodynamic drag.

A review over of research works is brought in this area. It is shown that the brought devices over are able to give aerodynamic drag reduction to 10% and more. It is experimentally discovered that operating of riblets on a flow in a boundary layer strongly depends on configuration of riblets, their geometrical descriptions and number of Reynolds. Well declared oneself riblets V- or U of vivid form, here their height and distance between them must not exceed an order, to the thickness of viscous sub-layer. Unfortunately, the mechanism of cooperation of riblets with a stream to the end is not found out and is also the article of research of the real article.

Aerodynamic surfaces are experimentally studied in the work, reducing aerodynamic drag by means of creation on the surface of transport vehicle of longitudinal riblets of three-cornered sectional. Researches were conducted in a little turbulent wind-channel. Velocity of stream of air in experiment changed in limits 10÷30m/s, degree of turbulence $\varepsilon = 0,9\%$, change of number of Reynolds - $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$. Questioning of sensors came true on to the 14-channels, the got information was processed on line on computer. The coefficient of aerodynamic drag was measured by a direct method for all experimental models. A relative error made for this series of experiments 2÷4%. Reduction of aerodynamic drag for model №2 observed in all interval of change of number Re. In respect of model №3, with the form of rib, near to three-cornered, the that decline of aerodynamic drag took place in the interval of change

the number of Reynolds $Re = (2,4 \div 3,0) \times 10^5$, and an increase is in the inter-val of $Re = (3,0 \div 6,2) \times 10^5$. Thus maximal decline of turbulent aerodynamic drag in the indicated range of $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$ for a model №2 made to the 11% comparing to the smooth standard №1, and on the average - about 8% that well comports with experimental data other.

Keywords: aerodynamic drag reduction, micro riblets, number of Reynolds, energy efficiency; decreasing energy consumption of transport vehicle.

УДК 629.4.015

О.И. Чуркина

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

МИКРОРИБЛЕТЫ - КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ТРЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Аннотация. Снижение величины аэродинамического сопротивления трения транспортного средства является существенным резервом повышения его аэродинамического совершенства.

Данная работа посвящена изучению роли упорядоченного микрорельефа поверхности транспортного средства в виде продольных микроребер треугольного поперечного сечения, позволяющего эффективно управлять течением среды в пограничном слое и, таким образом, влиять на величину его сопротивления трения.

Приведен обзор научно-исследовательских работ в этой области. Показано, что приведенные устройства способны дать снижение аэродинамического сопротивления трения до 10 % и более. Экспериментально обнаружено, что действие микрориблетов на течение в пограничном слое сильно зависит от конфигурации риблетов, их геометрических характеристик и числа Рейнольдса. Хорошо показали себя риблеты V-или U-образной формы, при этом их высота и расстояние между ними не должны превышать порядка, соответствующего толщине вязкого подслоя. К сожалению, механизм взаимодействия риблетов с потоком до конца не выяснен и является также предметом исследования настоящей статьи.

В настоящей работе экспериментально изучены аэродинамические поверхности, снижающие сопротивление трения за счет формирования на поверхности обтекания транспортного средства продольных микроребер треугольного поперечного сечения. Исследования проводились в малотурбулентной прямоочной аэродинамической трубе. Скорость воздушного потока в эксперименте изменялась в пределах от 10 до 30 м/с, степень турбулентности $\varepsilon = 0,9\%$, интервал изменения числа Рейнольдса – $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$. Опрос датчиков осуществлялся по четырнадцати каналам, полученная информация обрабатывалась в реальном масштабе времени на ЭВМ. Коэффициент сопротивления трения измерялся прямым весовым методом для всех экспериментальных моделей. Относительная ошибка для этой серии экспериментов составила $2 \div 4\%$. Уменьшение аэродинамического сопротивления трения для модели №2 наблюдалось во всем интервале изменения $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$. Что касается экспериментальной модели №3, с формой ребра, близкой к треугольной, то снижение сопротивления трения имело место в интервале изменения числа Рейнольдса $Re = (2,4 \div 3,0) \times 10^5$, а повышение в интервале $Re = (3,0 \div 6,2) \times 10^5$. При этом максимальное снижение сопротивления турбулентного трения в указанном диапазоне $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$ для модели №2 составило 11% по сравнению с гладким эталоном №1, а в среднем – около 8 %, что хорошо согласуется с экспериментальными данными других авторов.

Ключевые слова: аэродинамическое сопротивление трения; микрорёбра; число Рейнольдса, энергоэффективность; снижение энергопотребления транспортного средства.

Известно, что критерием конкурентоспособности транспортного средства (самолета, подвижного состава, автомобиля), является составляющая энергозатрат на перевозку пассажиров и грузов. Экспериментально подтверждено, что более 60% потребляемой энергии расходуется на преодоление сил сопротивления движению. Для современных самолетов, рассчитанных на большую дальность полета при числе Маха $M_\infty=0,7\div 0,8$, сопротивление трения составляет приблизительно 60% от полного сопротивления самолета, причем сопротивление трения фюзеляжа составляет 30%, а крыла – 20-25% от общего сопротивления.

Что касается подвижного состава, то более 60% потребляемой энергии, как уже было сказано выше, расходуется на преодоление сил сопротивления движению, которое зависит от состояния и конструкции подвижного состава, его скорости движения, плана и профиля железнодорожного пути и направления и силы ветра. Во время неоднократно проведенных испытаний подвижного состава было установлено, что оно определяется не только наличием трения в узлах подвижного состава и колес о рельсы, но и деформациями железнодорожного пути и элементов подвижного состава, составляющими силы тяжести на уклонах, а также сопротивлением воздушной среды при движении [1]. Очевидно, что снижение сопротивления движению за счет улучшения аэродинамических характеристик современного подвижного состава (так называемого аэродинамического совершенства) повлечет за собой существенное уменьшение расхода электроэнергии на необходимую тягу поездов, а также будет способствовать увеличению скорости движения без повышения мощности

тяговых электро-двигателей состава. Только изменение формы кузова, оптимальной с точки зрения критерия аэродинамического совершенства, дает достаточно серьезное уменьшение составляющей лобового аэродинамического сопротивления подвижного состава.

Снижение другой составляющей сопротивления движению - величины аэродинамического сопротивления трения транспортного средства, рассматриваемой в настоящей работе, является также существенным резервом повышения его аэродинамического совершенства.

Данная работа посвящена изучению роли упорядоченного микрорельефа поверхности транспортного средства в виде продольных микрорёбер треугольного поперечного сечения, позволяющего эффективно управлять течением среды в пограничном слое и, таким образом, влиять на величину его сопротивления трения.

Традиционными являются такие известные способы управления течением вблизи поверхности обтекания, как вдув и отсос среды в пограничном слое с помощью специальных устройств, поэтому, к сожалению, требуют дополнительных затрат [2]. В настоящее время, имеет место повышенный интерес к такому инструменту снижения сопротивления трения, как микрорельеф поверхности обтекания в виде продольных микрорёбер, так называемых микрориблетов, сформированных вдоль скорости набегающего потока у стенки [3].

В работе [3] приведены результаты экспериментальных исследований сопротивления ряда аэродинамических поверхностей с продольными ребрами различной формы: модели поверхности с продольными ребрами прямоугольного, полукруглого, криволинейного поперечных сечений, в виде пазов с профилем как лезвие бритвы, V-пазов и др. (рисунок 1).

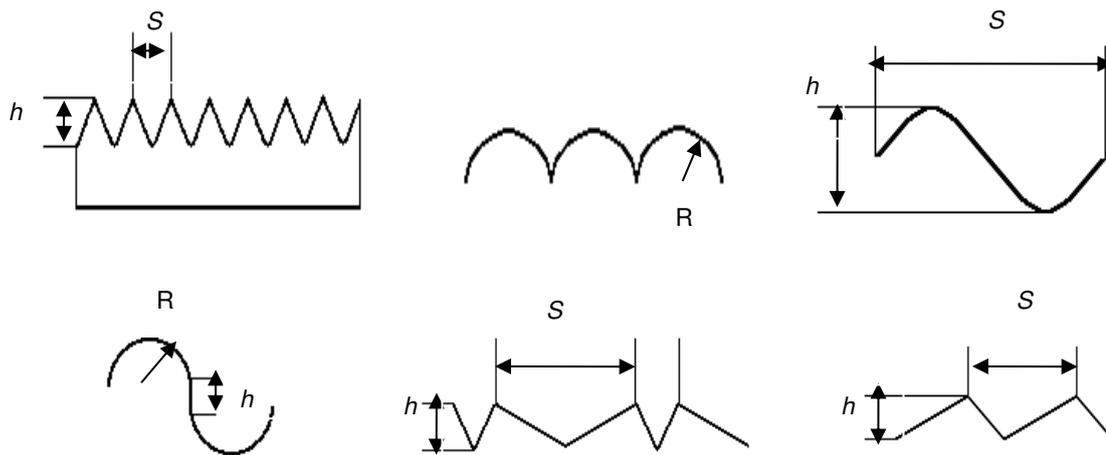


Рис. 1 – Продольные ребра различной формы: полукруглого, криволинейного поперечных сечений, в виде V-пазов и др.

Fig. 1 – Longitudinal ribs of different form : half-round, curvilinear crossrunners, as V- of slots and other

Испытания проводились в малотурбулентной дозвуковой аэродинамической трубе (АТ) с закрытой рабочей частью поперечного сечения 178x274 мм и длиной 914 мм. Скорость потока U_∞ в рабочей части трубы достигала 46 м/с. Интервал изменения числа Рейнольдса – $Re = (0,8 \div 5,0) \times 10^3$ (число Рейнольдса вычислено по толщине потери импульса). По непосредственным измерениям получено уменьшение сопротивления до 7 % в случае V-пазов с высотами $h^+ < 30$ (h^+ в обозначениях закона стенки). Для одной из моделей пластины с ребрами уменьшение сопротивления подтверждено уменьшением толщины потери импульса, флуктуацией скорости и напряжений Рейнольдса. Хотя измерения в случае, криволинейных в поперечном направлении, показали увеличение сопротивления, для некоторых моделей прирост сопротивления уменьшался с ростом скорости. Уменьшение сопротивления в случаях несимметричных и неперiodических ребер было приблизительно такое же, как и для симметричных ребер, образованных V-образными пазами при тех же h^+ и S^+ .

В работе [4] также приведены результаты исследований микроструктуры

течения на поверхностях с продольными микроребрением, характеризующихся пониженным турбулентным трением. Эксперименты проведены на плоских пластинах, помещенных в гидроканал и аэродинамическую трубу. Изучено восемь типов различных мелкоребристых покрытий. Средние и пульсационные характеристики турбулентности измерены с помощью лазерного доплеровского анемометра в трубе и термоанемометра в гидроканале, зафиксировано снижение сопротивления трения до 10 %. По виду профилей средней скорости сделан вывод о небольшом утолщении вязкого подслоя. Найдено снижение продольных пульсаций и сдвиговых напряжений Рейнольдса над мелкоребристыми поверхностями.

Авторами работы [5] достаточно полно экспериментально исследовано влияние продольного ребрения на сопротивление турбулентного трения плоской пластины. Эксперимент проводился в малотурбулентной аэродинамической трубе с помощью весовых измерений. Испытано восемь различных мелкоребристых поверхностей, отличающихся формой и размерами ребер. Форма профиля ребер приведена на рисунке 2, основные геометрические параметры помещены в таблице 1 ниже.

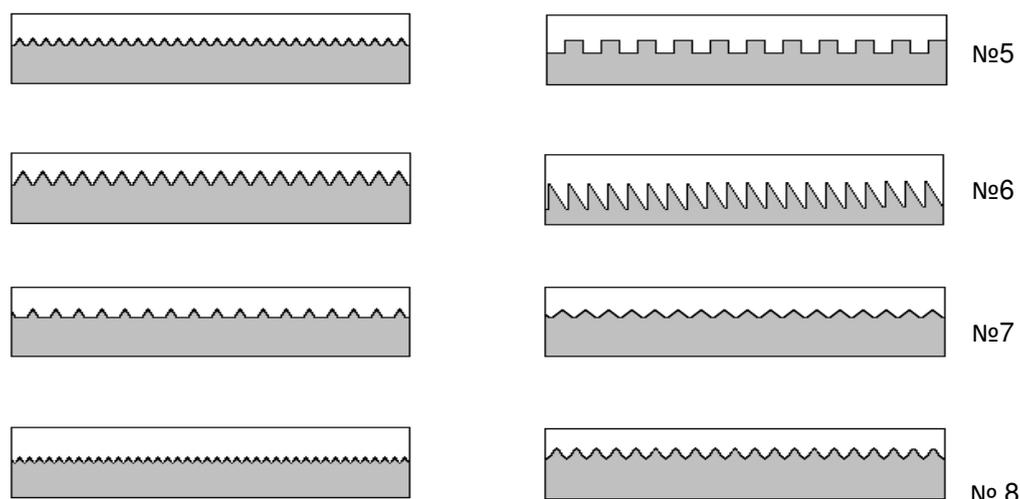


Рис. 2 – Мелкорребристые поверхности, отличающиеся формой и размерами ребер
 Fig. 1 – Surfaces with longitudinal micro riblets, different a form and sizes of ribs

Таблица 1 – Геометрические параметры элементов
 Table 1 – Calculated mechanical characteristics

№ поверхности	1	2	3	4	5	6	7	8
Геометрические параметры								
H , мм	0,08	0,17	0,22	0,13	0,15	0,07	0,04	0,50
S , мм	0,10	0,25	0,26	0,25	0,25	0,26	0,10	0,26
B , мм	-	-	0,10	-	-	-	-	-
S/h , мм	0,80	0,68	0,83	0,52	0,4	0,28	0,37	1,88

Форма профилей ребер у поверхностей 2, 5, 7, 8 близка к треугольной с достаточно малым радиусом кривизны вершин. Поверхности 1, 4 и 6 также характеризуются близкой к треугольной формой профиля ребер, но имеют заметно больший радиус скругления вершин. У поверхности 5 ребра выполнены «через зуб», поверхность 3 имеет прямоугольный профиль ребер. В отличие от других, поверхность 8 выполнена так, что высота ребра асимметричного треугольника примерно вдвое больше шага оребрения S .

В работе показано, что для каждой из испытанных мелкорребристых поверхностей существует диапазон параметров, в котором турбулентное трение меньше, чем у гладкой пластины. При этом максимальное снижение коэффициента трения за счет оребрения в зависимости от геометрии ребер составило от 4 до 8 %. Снижение турбулентного

трения до 6 % на поверхностях 2 ($h = 0,17$ мм; $S = 0,25$ мм) и 5 ($h = 0,1$ мм; $S = 0,25$ мм, ребра выполнены «через зуб»). Следует отметить, что указанные поверхности имеют весьма малое притупление вершин ребер. Результаты испытаний показали также, что независимо от геометрии и формы профиля ребер, оптимальные значения параметра S , соответствующие минимуму поверхностного трения, лежат в диапазоне $S = 10 \div 15$. Уменьшение сопротивления трения наблюдается не только для искусственно организованного, но и для естественно развившегося турбулентного пограничного слоя.

В работе [6] рассмотрена поверхность, на которой имеются ориентированные вдоль потока выступающие элементы в виде ребер треугольного поперечного сечения с закругленной вершиной (рисунок 3). Безразмерная высота ребер определяется

неравенством $3 < \frac{hV}{\nu} \sqrt{\frac{c_f}{2}} < 25$, где h - высота ребра; V - скорость потока на внешней границе пограничного слоя; ν - коэффициент кинематической вязкости жидкости или газа; c_f - местный коэффициент сопротивления трения, при этом отношение расстояния между соседними ребрами b к высоте ребра h - неравенством $0,5 < b/h < 4$, а отношение радиуса закругления вершин r к высоте ребра h - неравенством $r/h < 0,4$.

Получено, что коэффициент сопротивления трения оребренной поверхности по сравнению с коэффициентом сопротивления гладкой поверхности снижается и имеет минимальные значения при $1,2 < b/h < 4$; $3 < h < 25$; $r/h = 0,1$.

Снижение сопротивления трения особенно заметно (до 10 %) при изменении r/h в пределах $0,1 \div 0,4$ при $b/h = 2,0 \div 2,5$ и $\varphi = 60^\circ$ (φ - угол между ребрами).

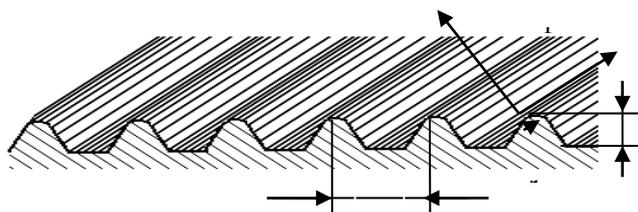


Рис. 3 – Поверхность с элементами в виде ребер треугольного поперечного сечения с закругленной вершиной

Fig. 3 – Surfaces with elements as ribsthree-cornered cross-sectional with the rounded top

В зарубежной патентной литературе следует отметить работы [7,8]. Здесь также приведены устройства по снижению аэродинамического сопротивления трения за счет рифленой конфигурации на поверхности обтекания. Так, в работе [7] форма поперечного профиля продольного ребра выбрана в виде зубьев пилы, острых кромок, между которыми канавки имеют круглое или плоское дно, в виде двойных острых кромок и разреза между ними (рисунок 4). Во всех случаях - $S < S^* \leq 0,25$ мм, причем $S^* \cong 40\nu / \sqrt{\tau_w \rho}$ (здесь ν - кинематическая вязкость, ρ - плотность

среды, τ_w - напряжение трения на гладкой стенке).

Поля, образованные из совокупности микрориблетов (рисунок 5) позволяют снижать сопротивление трения обтекаемой поверхности до 10 % [8].

В работе [9] рифленая поверхность устройства состоит из группы ребер, расположение которых относительно друг друга указано на рисунке 6. Безразмерное расстояние между ребрами в группе ребер находится в пределах $S = 10 \dots 45$. Для пассажирских самолетов это расстояние составляет приблизительно 0,1 мм.

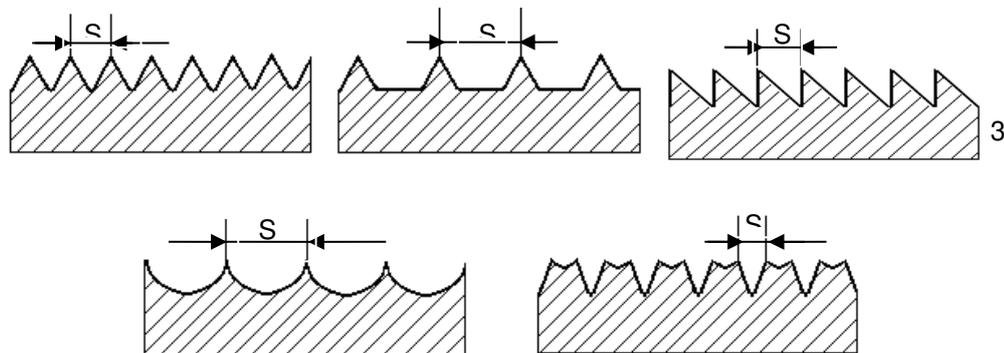


Рис. 4 – Продольные ребра различной конфигурации

Fig. 4 – Longitudinal ribs of different configuration

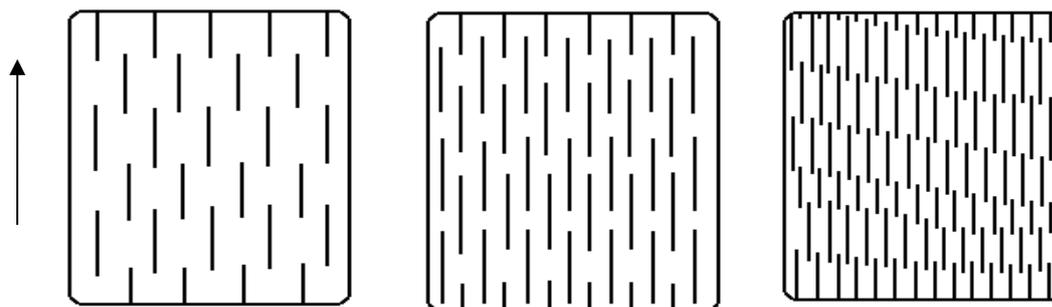


Рисунок 5 – Поля, образованные из совокупности микрориблетов
 Figure 5 – Fields form from microriblets

Автором [9] предпринята попытка уменьшить сопротивление трения по сравнению со случаем длинных продольных ребер еще на 8 % за счет групп коротких ребер в направлении движения потока. Использовано и такое расположение групп ребер, когда напротив каждого ребра одной группы располагается желобок другой и наоборот. Кромки ребер

выполнены как острыми, так и закругленными. Ребра могут иметь в поперечном сечении, как прямоугольную форму, так и форму в виде круга или в виде плавника. Протяженность ребер отдельных групп соответствует шести расстояниям ширины желобков. Длина ребер в группах может варьироваться. Ребра могут заходить друг в друга на половину их длины.

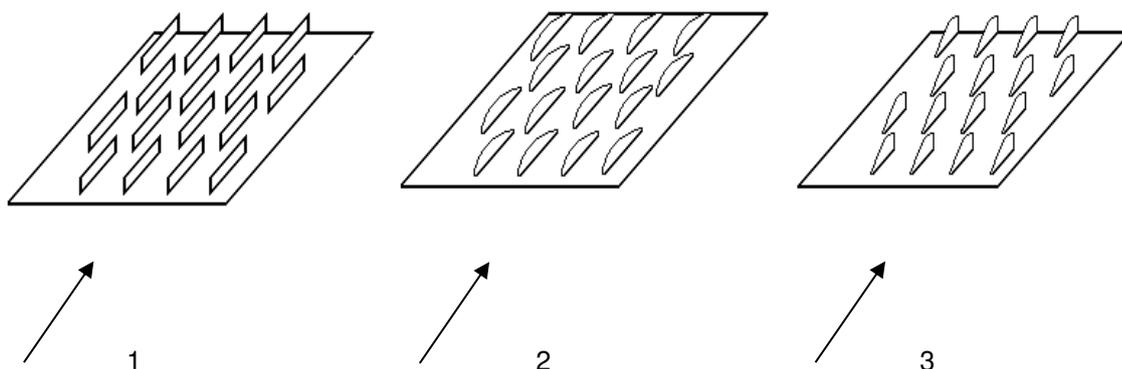


Рис. 6 – Поверхности с элементами в виде ребер в форме прямоугольника, круга, плавника
 Fig. 6 – Surfaces with elements as ribs in form a rectangle, circle, flipper

Таким образом, указанные выше устройства, будучи достаточно простыми по конструкции и без применения дополнительных энергозатрат, способны дать снижение аэродинамического сопротивления трения до 10 % и даже более. Экспериментально обнаружено, что действие микрориблетов на течение в пограничном слое сильно зависит от конфигурации риблетов, их геометрических характеристик и числа Рейнольдса. Хорошо показали себя риблеты V-или U-образной формы, при

этом их высота и расстояние между ними не должны превышать порядка, соответствующего толщине вязкого подслоя [5]. К сожалению, механизм взаимодействия риблетов с потоком до конца не выяснен и является также предметом исследования настоящей статьи.

Исследования проводились в малотурбулентной прямоочной аэродинамической трубе (АТ). Размеры рабочей части - 300x300x600 мм (рисунок 7).

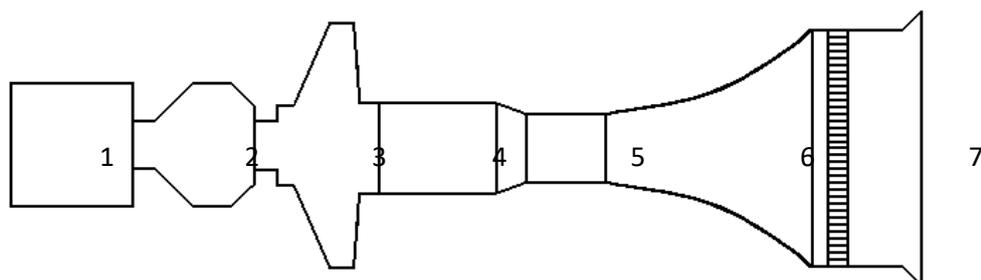


Рис. 7 – Схема прямооточной аэродинамической трубы с закрытой рабочей частью:

1 – электромотор, 2 – редуктор, 3 – турбина, 4 – диффузор,
 5 – рабочая часть, 6 – конфузор, 7 – хонейкомб.

Fig. 7 – Chart of wind-channel with the closed working part:

1 - electromotor, 2 - reducing gear, 3 - turbine, 4 - diffuser,
 5 - working part, 6 - contractor, 7 - honeikomb.

Скорость воздушного потока в эксперименте изменялась в пределах от 10 до 30 м/с, степень турбулентности $\epsilon = 0,9\%$, интервал изменения числа Рейнольдса – $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$.

Экспериментальная пластина размещалась в люке размером 401x199,6 мм на нижней стенке рабочего участка АТ. Там же располагались и однокомпонентные аэродинамические весы (рисунок 8).

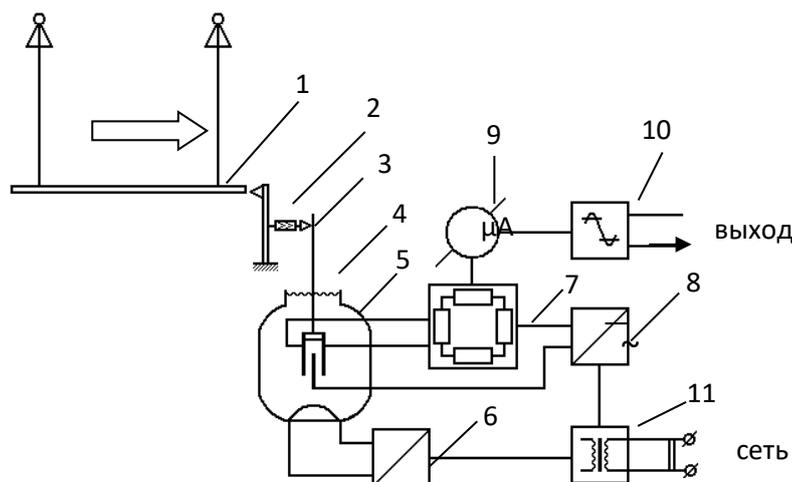


Рис. 8 - Общая схема аэродинамических весов:

1 – экспериментальная модель, 2 – упругая пластина, 3 – регулируемая механическая связь, 4 – штот лампы-механотрона, 5 – механотрон, 6 – стабилизатор напряжения, 7 – измерительный мост, 8 – стабилизатор напряжения, 9 – измерительная головка, 10 – фильтр, 11 – блок питания

Fig. 8 - General chart of aerodynamic scales :

1 - experimental model, 2 - resilient plate, 3 - control mechanical connection, 4 – shtoc of lamp-mechanotron, 5 - mechatron, 6 - stabilizator of tension, 7 - measuring bridge, 8 – stabilizator of tension, 9 - measuring head, 10 - filter, 11 – power module.

Погрешность установки экспериментального образца – $\pm 0,01$ мм. Специально сконструированный гидрозатвор полностью исключал попадание воздуха извне в рабочую зону АТ.

Скорость потока измерялась за экспериментальной пластиной комбинированной трубкой Пито-Прандтля. Сила трения изменялась в пределах $0 \div 30$ г, ее точность $\pm 0,2$ г, а давление – $0 \div 800$ Па с точностью ± 1 Па. Опрос датчиков

осуществлялся по четырнадцати каналам, полученная информация обрабатывалась в реальном масштабе времени на ЭВМ.

Модель №1 – плоская пластина с размерами 10x199,1x400,4 мм - эталон для проводимых исследований. Вдоль пластины - пять отверстий для измерения статического давления на поверхности (рисунок 9). Модель №2 отличается от №1 наличием на ее поверхности продольных микроребер треугольного поперечного

сечения ($h = 0,15$ мм; $b = 0,5$ мм; здесь h - высота ребра, b – расстояние между соседними ребрам) [10,11]. У модели №3 ребро изготовлено с большим притуплением вершины, чем у модели №2 (рисунок 10).

Коэффициент сопротивления трения измерялся прямым весовым методом для всех моделей. Относительная ошибка для этой серии экспериментов составила 2÷4%.

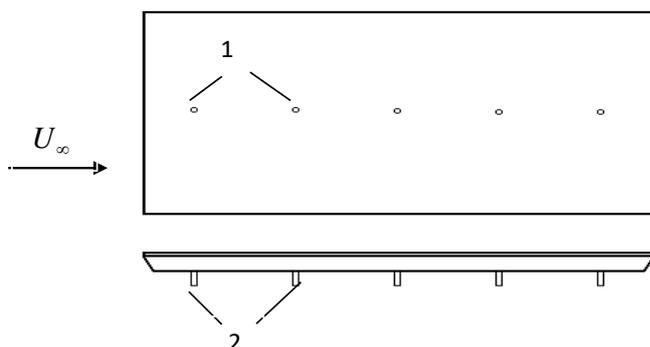


Рис. 9 – Общий вид экспериментальной модели № 1:

1, 2 – отверстия и приемные устройства для измерения статического давления, U_∞ - скорость потока

Fig. 9 - General view of experimental model № 1:

1, 2 - opening and takers-offs for measuring of static pressure, U_∞ - velocity of stream

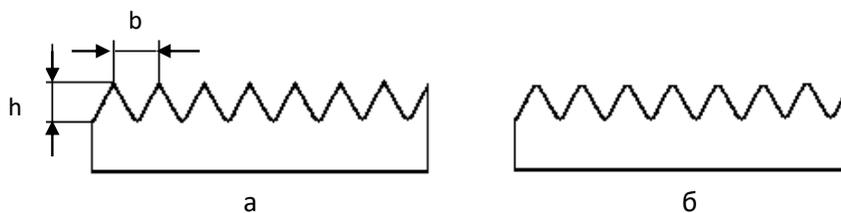


Рис. 10 – Вид поперечных сечений продольных микроребер на поверхности обтекания экспериментальных моделей:

а) - модель №2 (здесь h – высота ребра, b - расстояние между соседними ребрами), б) – модель №3

Fig. 10 - Type of crossrunners of longitudinal microriblets on a surface

flowing around of experimental models:

а) model №2 (here h - height ribs, b - distance between nearby ribs), б) model №3

Уменьшение аэродинамического сопротивления трения для модели №2 наблюдалось во всем интервале изменения $Re = (2,4\div 6,2)\times 10^5$.

Что касается экспериментальной модели №3, с формой ребра, близкой к треугольной, то снижение сопротивления трения имело место в интервале изменения числа Рейнольдса $Re = (2,4\div 3,0)\times 10^5$, а повышение в интервале $Re = (3,0\div 6,2)\times 10^5$.

При этом максимальное снижение сопротивления турбулентного трения в указанном диапазоне $Re = (2,4\div 6,2)\times 10^5$ для модели №2 составило 11% по сравнению с гладким эталоном №1, а в среднем – около 8 %, что хорошо согласуется с экспериментальными данными других авторов [1-5].

Выводы. Анализ полученных данных позволяет сделать следующее

предположение: именно оптимальный подбор комплекса геометрических параметров микрорёбер, формы их поперечного сечения, количества элементов, их расположения относительно друг друга на поверхности обтекания и величины скорости набегающего потока позволит получить эффект более существенного снижения аэродинамического сопротивления трения поверхности. Важно понять не только суть происходящего физического процесса, сам механизм взаимодействия

рассматриваемого микрорельефа поверхности с набегающим потоком среды в зависимости от указанных факторов, но и построить его физическую и математическую модели течения. Это позволит определить не только расчетные зависимости коэффициента сопротивления трения от указанных выше параметров, но и иметь реальную возможность управлять течением в пограничном слое, приводящим к снижению трения, а следовательно и к уменьшению энергозатрат транспортного средства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абрамович Г.Н. К расчету воздушного сопротивления поезда на открытой трассе и в тоннеле // Тр.ЦАГИ, 1939, вып.400. - 31 с.
- [2] Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1974. - 712 с.
- [3] Уолш М.Д. Сопротивление пластины с продольными пазами и ребрами / В кн.: Снижение вязкостного трения. - М.: Машиностроение, 1984. - с.189-220.
- [4] Walsh M.J. Turbulent boundary layers drag reduction using riblets. AIAA Paper N 82-0169, 1982. – p. 155-162.
- [5] Енютин Г.В. Лашков Ю.А., Самойлова Н.В., Фадеев И.В., Шумилкина Е.А. Влияние продольного оребрения на сопротивление турбулентного трения. – Ученые записки ЦАГИ, 1988, т.19, №4. – с. 88-95.
- [6] Виноградов Е.С. Поверхность, обтекаемая жидкостью или газом. А.с. СССР №1086246, 1984.
- [7] Хиршель Е. Устройство снижения сопротивления трения. Патент ФРГ № 3534293 А1 Кл. F 15 /10. Оpubл. в ИСМ.№13. 1987.
- [8] Леберт Г. Устройство для уменьшения аэродинамического сопротивления. Патент ФРГ № 3522943 А1. Кл. F 15 d/10. Оpubл. в ИСМ. № 7. 1987.
- [9] Люрц В. Способ стабилизации ламинарного пограничного слоя. Патент ФРГ № 3342421 А1. Кл. F d 1/12. Оpubл. в ИСМ. № 12. 1985.
- [10] Сагов М.С., Чуркина О.И. Поверхность, обтекаемая жидкостью или газом А.с. СССР № 1672921. Оpubл. в бюлл. №31, 1991.
- [11] Чуркина О.И. Поверхность, обтекаемая жидкостью или газом. Предпатент РК № 16860. Оpubл. в бюлл. №1, 2006.

REFERENCES

- [1] Abramovich G.N. *K raschetu vozdušnogo soprotivleniya poezda na otkritoy trasse i v tonnele* [in Russian: To the calculation of air resistance of train on an open route and in a tunnel]. Tr.CAGI, 1939 , vip.400. - 31 p.
- [2] Shlihting G. *Teoriya pogramichnogo sloya* [in Russian: Theory of boundary layer]. – Mos-cow, Science Publ., 1974. - 712 p.
- [3] Walsh M.J. *Soprotivlenie plastini s prodolnimi pazami i pebrami*. [in Russian: Drag reduction of plate with longitudinal slots and ribs. - Moscow, Engineer Publ., 1984. – p. 189-220.
- [4] Walsh M.J. Turbulent boundary layers drag reduction using riblets. AIAA Paper N 82-0169, 1982. – p. 155-162.
- [5] Enyutin G.V., Lashkov Y.A., Samoilova N.V., Fadeev I.V., Shumilkina E.A. *Vliyanie prodolnogo orebreniya na soprotivlenie turbulentnogo treniya* [in Russian: Influence of longitudinal riblets on resistance of turbulent friction]. Scientific messages of CAGI, 1988, t.19, №4. – p. 88-95.
- [6] Vinogradov E.S. *Poverhnost obtekaemaya jidkostyu ili gazom* [in Russian: Surface streamlined by a liquid or gas]. C.c. of USSR №1086246, 1984.
- [7] Hirshel E. *Ustroistvo snijeniya soprotivleniya treniya* [in Russian: Device of decline of aerodynamic dreg]. Patent of FRG № 3534293 A1 Кл. F 15 d/10. Publish. in ISM. №13. 1987.
- [8] Lebert G. *Ustroistvo dlya umensheniya aerodinamicheskogo soprotivleniya* [in Russian: Device for reduction of aerodynamic dreg]. Patent of FRG № 3522943 A1. Кл. F 15 d/10. Publish. in ISM. № 7. 1987.
- [9] Lurz V. Method of stabilizing of laminar frontier layer. Patent of FRG № 3342421 A1. Кл. F d 1/12. Publish. in ISM. № 12. 1985.

- [10] Sagov M.S., Churkina O.I. *Poverhnost obtekaemaya jidkostyu ili gazom* [in Russian: Surface streamlined by a liquid or gas]. C.c. of USSR № 1672921. Publish. in bull. №31, 1991.
- [11] Churkina O.I. *Poverhnost obtekaemaya jidkostyu ili gazom* [in Russian: Surface streamlined by a liquid or gas]. Pre-Patent RK № 16860. Publish. in bull. №1, 2006.

МИКРОРИБЛЕТЫ - КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ТРЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Чуркина Ольга Ивановна, к. т. н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; olga.churkina.54@mail.ru

МИКРОРИБЛЕТТЕР – КӨЛІК ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ҮЙКЕЛІС КЕДЕРГІСІН БАСҚАРУДЫҢ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

Чуркина Ольга Ивановна т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаева атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; olga.churkina.54@mail.ru

Андатпа. Бұл жұмыс көлденең қимасы үшбұрышты болатын бойлық микроқырлар түріндегі көлік құралдары беттерінің тәртіпке келтірілген микрорельефінің ролін зерттеуге арналған. Ол үйкеліс кедергісінің шамасына әсер ете отырып, шекаралық қабаттарда орта ағынын тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Сонымен бірге келтірілген құрылғылардың үйкелістің аэродинамикалық кедергісін 10%-ға және одан да көп мөлшерде азайтуға қабілеті бар екендігі жұмыста көрсетілген.

Зерттеулер азтурбулентті тікағынды аэродинамикалық құбырда жүргізілген. Эксперимент кезінде ауа ағынының жылдамдығы 10-нан 30 м/с-ке дейін өзгерген, турбуленттік дәрежесі $\varepsilon = 0,9\%$, Рейнольдс санының өзгеру аралығы – $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$ болған. Датчиктер сауалнамасы он төрт арна бойынша жүзеге асырылды, алынған ақпарат ЭЕМ-дегі нақты уақыт масштабында өңделді. Үйкелістің кедергі коэффициенті барлық экспериментальді модельдер үшін тікелей салмақтық әдіспен өлшенді. Эксперименттің осы сериясындағы салыстырмалы қателік 2÷4% құрады. №2 модель үшін үйкелістің аэродинамикалық кедергісінің азаюы $Re = (2,4 \div 6,2) \times 10^5$ санының барлық өзгеру интервалында байқалды. №2 модель үшін турбулентті үйкеліс кедергісінің максималды азаюы 11% -ды, ал орташа 8%-ды құрады, бұл басқа да авторлардың экспериментальді деректерімен жақсы үйлескен. Қырының формасы үшбұрышқа жақын болған №3 модельде Рейнольд санының $Re = (2,4 \div 3,0) \times 10^5$ өзгеру интервалында үйкеліс кедергісінің азаюы, ал $Re = (3,0 \div 6,2) \times 10^5$ интервалында жоғарылауы байқалды.

Түйінді сөздер: үйкелістің аэродинамикалық кедергісі; микроқырлар; Рейнольдс саны, энергия тиімділігі; көлік құралдарының энергия тұтынуын төмендету.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshtayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 190-197

STUDY OF DYNAMIC LOADS OF WORKING EQUIPMENT OF BOOM EXCAVATORS WITH INERTIAL ROTOR

Zhussupov Kenes Amirlovich, candidat of technical Sciences, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshtayev, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Yessengaliyev Manarbek Nurasbekovich, candidat of technical Sciences, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshtayev, Almaty, Kazakhstan, m.esengaliyev@mail.ru

Kopenov Bakhtiyar Temirbekovich, Ph. D., associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications. M. Tynyshtayeva, madiiskakov69@mail.ru

Abstract. As foreign and domestic practice shows, one of the ways to improve the efficiency of the excavation process should be the use of working bodies with increased digging effort and having a greater transport capacity. The use of such high-performance equipment helps to significantly increase productivity, but the dynamics of these equipment in the previous works of the authors were covered in a

small volume. In this regard, the paper shows the results of experimental studies conducted to obtain data on the dynamics of the working process of excavating machines, including rotary boom excavators.

The dynamics of structural elements is understood as the difference in their perception of static and dynamic external loads, due to their elasticity, inertia and damping ability. The ratio of actual forces or stresses to static is called the coefficient of dynamism of the design of the CD.

The study of the dynamic bending forces in the most loaded sections of the rotor boom showed that the dynamic coefficient CD and horizontal bending moment M_{iz} vary depending on the speed of lateral feed and digging angle. The CD of the inertial rotor in the studied parameters is slightly lower than that of the gravitational rotor and has a maximum value of 1.32, which is 0.10 less. But the absolute values of the M_{iz} in an inertial rotor with an increase in the lateral feed rate from 0.15 to 0.3 m / s are significantly less than in a gravitational rotor, and the intensity of the increase is also lower. Consequently, the design of the cutting elements IR gives a significant reduction in horizontal bending moments in the boom, thereby reducing the load and increasing the durability of the metal structure of the rotary boom.

In General, the experiments indicate that there are significant reserves for further increase in productivity and digging efforts by the inertial rotor of the lower unloading under the condition of dynamism.

Key words: bucket-less inertial rotor; boom rotary excavator; excavating machines; elastic dynamic systems.

УДК 621.878/625.76

К.А. Жусупов¹, М.Н. Есенғалиев¹, Б.Т. Копенов¹

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СТРЕЛОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ С ИНЕРЦИОННЫМ РОТОРОМ

Аннотация. Как показывает зарубежная и отечественная практика одним из способов повышения эффективности процесса экскавации должно стать применение рабочих органов с повышенным усилием копания и имеющие большую транспортную способность. Применение такого высокопроизводительного оборудования способствует существенно повысить производительность труда, однако вопросы динамики этих оборудований в предыдущих работах авторов были освещены в малом объеме. В связи с этим, в работе показаны результаты экспериментальных исследований, проведенных с целью получения данных о динамичности рабочего процесса экскавационных машин, в том числе роторных стреловых экскаваторов.

Исследование динамичности изгибающих усилий в наиболее нагруженных сечениях роторной стрелы показало, что коэффициент динамичности и горизонтальный изгибающий момент изменяются в зависимости от скорости боковой подачи и угла копания. Коэффициент динамичности у инерционного ротора в исследованных пределах параметров несколько ниже, чем у гравитационного ротора. Следовательно, конструкция режущих элементов ИР дает существенное снижение горизонтальных изгибающих моментов в стреле, тем самым уменьшая нагруженность и повышая долговечность металлоконструкции роторной стрелы.

Ключевые слова: бесковшовый инерционный ротор; стреловой роторный экскаватор; экскавационные машины; упругие динамические системы.

Роторные экскаваторы и различные машины непрерывного действия, ввиду своих достоинств, занимают значительное место при выполнении больших объемов земляных работ. В то же время резервы дальнейшего совершенствования их конструкций практически исчерпаны.

Существующие машины снабжены роторами с гравитационной разгрузкой, поэтому повышение производительности экскаваторов происходило за счет увеличения линейных размеров ротора и всего экскаватора, что влекло за собой прогрессивный рост массы машины.

Стремление повысить усилие копания, необходимое при разработке более прочных грунтов, пород и углей, требует усиления металлоконструкции и повышения мощности привода, также ведет к утяжелению машин и увеличению энергозатрат на разработку грунта. В то же время потребности производства вызывают необходимость расширения области применения и создания экскавационных машин, обеспечивающих высокие усилия копания и производительность без увеличения динамичности, линейных размеров, массы и пригодных для разработки прочных грунтов пород и углей.

В последнее время в роторном экскаваторостроении создан ряд высокоэффективных рабочих органов, работающих на высоких скоростях. Экскавация скоростными роторами находит широкое применение в горнодобывающих отраслях и карьерах стройиндустрии, а также в строительстве, погрузочно-разгрузочных, транспортно-складских (ПРТС) работах. Процесс экскавации скоростными роторами характеризуется прерывистостью резания и мгновенно изменяющейся толщиной среза, а также низкой виброустойчивостью ротора, ввиду недостаточной жесткости и прочности стрелы, на конце которой он установлен. Все это приводит к возникновению колебаний силы резания, которые, в свою очередь, вызывают биения в динамической системе и усложняют процесс отработки забоя [1].

Как показывает зарубежная и отечественная практика одним из способов повышения эффективности процесса экскавации должно стать применение рабочих органов с повышенным усилием копания и имеющие большую транспортную способность. Применение такого высокопроизводительного оборудования способствует внедрению прогрессивных и эффективных технологических схем ведения работ, создает условия для автоматизации производства, позволяет существенно улучшить условия и повысить производительность труда.

Всем этим требованиям технического совершенствования отвечает бесковшовой инерционный ротор (БИР) с нетрадиционным способом отработки забоя. Стреловыми роторными экскаваторами с бесковшовым инерционным ротором (СРЭ с БИР) можно вести разработку прочных пород и углей без взрывной подготовки.

Необходимость полного и комплексного рассмотрения вопросов динамики рабочего оборудования бесковшового инерционного ротора определяется не только задачами динамического синтеза конструкции стреловых экскаваторов, но и вопросами рационального выбора параметров и характеристик рабочего оборудования, проектирования машины в целом.

В связи с этим, учитывая вышеизложенное, исследование динамики процесса экскавации бесковшовым инерционным ротором и разработка методики расчета на прочность, жесткость и динамическое нагружение бесковшового инерционного ротора стреловых экскаваторов, с применением современных вычислительных машин с учетом реальных условий при статическом и динамическом воздействиях, является актуальной научно-технической задачей [4].

Динамические усилия, возникающие в экскаваторах, являются результатом совместного воздействия динамики внешней нагрузки, динамики элементов конструкции и динамики материалов. Под динамикой внешней нагрузки в экскаваторах понимается закон изменения внешних усилий по времени, воздействующих на элементы конструкции машины, от взаимодействия их рабочих органов с грунтом и движителей с дорогой, а также от привода и ветра. Под динамикой элементов конструкции понимается разница в восприятии ими статических и динамических внешних нагрузок, обусловленная их упругостью, инерционностью и демпфирующей способностью. Принципиальное отличие в восприятии элементами конструкции машин статических и динамических

внешних нагрузок заключается в том, что при динамических нагрузках возникают упругие колебания элементов конструкции, в результате которых действительные усилия или напряжения в них будут отличаться от усилий или напряжений, вызванных статическим приложением той же нагрузки. Отношение действительных усилий или напряжений к статическим принято называть коэффициентом динамичности конструкции K_d .

При анализе динамических нагрузок в машинах целесообразно рассмотреть, в основном, динамику их внешних нагрузок и элементов конструкции, которые в ряде случаев взаимосвязаны и взаимно влияют.

Следовательно, при решении задач динамики экскаваторов необходимо проанализировать их конструкции как упругие динамические системы, находящиеся под воздействием внешних нагрузок, которые изменяются по времени.

Испытания экскаватора ЭРЭ-200-И, оборудованного инерционным ротором, проведенного в производственных условиях на глине высокой плотности ($C=48-60$ ударов плотномера ДорНИИ) и влажности (8-32 %) позволили установить работоспособность и высокую эффективность созданной конструкции стрелового экскаватора с ИР.

Исследование динамичности изгибающих усилий в наиболее нагруженных сечениях роторной стрелы показало (см. рисунки 1 и 2), что коэффициент динамичности K_d и горизонтальный изгибающий момент $M_{из}$ изменяются в зависимости от скорости боковой подачи и угла копания. K_d у инерционного ротора в исследованных пределах параметров несколько ниже, чем у гравитационного ротора и имеет максимальное значение 1,32, что на 0,10 меньше. Но абсолютные значения $M_{из}$ у инерционного ротора с увеличением скорости боковой подачи от 0,15 до 0,3 м/с значительно меньше, чем у гравитационного ротора, ниже также и интенсивность возрастания. Следовательно, конструкция режущих элементов ИР дает существенное снижение

горизонтальных изгибающих моментов в стреле, тем самым уменьшая нагруженность и повышая долговечность металлоконструкции роторной стрелы.

По результатам экспериментов были получены значения крутящего момента и окружного усилия на роторе, определены их коэффициенты динамичности K_d .

В пределах изменения ширины стружки от 10 до 40 мм при толщине 160-180 мм крутящий момент возрастал от 3 до 7 кН*м, окружное усилие – соответственно от 4 до 11кН, их коэффициенты динамичности изменялись от 1,2 до 1,47, существенно возрастая с увеличением ширины стружки. Это объясняется особенностью режущих элементов, снимающих удлиненную стружку, у которой оптимальное отношение толщины к ширине находится в пределах 3-6. При увеличении ширины стружки сверх оптимального значения имеет место изменение характера отделения стружки ножом, приводящее к значительному возрастанию коэффициента динамичности.

В пределах изменения скоростей вращения ротора от 2 до 9 м/с интенсивность возрастания и абсолютные значения нагрузок и их коэффициентов динамичности ($K_d=1,2-1,35$) была меньше, чем в зависимости от ширины стружки. Следует отметить, что и при таких высоких скоростях копания максимальные значения $K_d=1,35$ были ниже, чем у близких по размерам и производительности гравитационных роторов ($K_d=1,3-1,45$), работающих при скоростях 1,2-2 м/с. При экспериментах колебаний ротора не наблюдались, амплитуды, частоты и периоды колебаний крутящего момента соответствуют значениям входа режущих элементов в забой и полного оборота ротора. Это позволяет расширить пределы увеличения скорости вращения ротора по условию динамичности до 7-8 м/с в сравнении с рекомендуемыми значениями по условиям энергоемкости до 4-6 м/с [2].

Если при исследовании экскаваторов с гравитационным ротором замеряют дополнительные напряжения в подвеске роторной стрелы, возникающие

при копании от направленности сопротивления копанию "сверху вниз", то в экскаваторах с ИР нижней разгрузки в подвеске происходит снижение напряжений. Это разгружающее действие, имеющее место только в конструкции экскаватора с ИР, создает благоприятные условия для металлоконструкции экскаватора, существенно снижая ее нагруженность, а динамичность этих напряжений в подвеске гасится в канатной подвеске роторной стрелы.

Анализ экспериментальных данных показывает, что нагрузки, испытываемые рабочим оборудованием экскаваторов (роторным колесом, механизмами и несущими элементами конструкции), также носят переменный (колебательный) характер.

Учитывая это, при определении основных парциальных частот свободных колебаний роторного колеса $p^2 = c/m$ в плоскости вращения следует учитывать экстремальные ситуации, т.е. колебания, возникающие при резонансе, когда $p=2\pi/T$. Откуда определение величины жесткости роторного колеса в режиме резонанса сводится в следующую формулу:

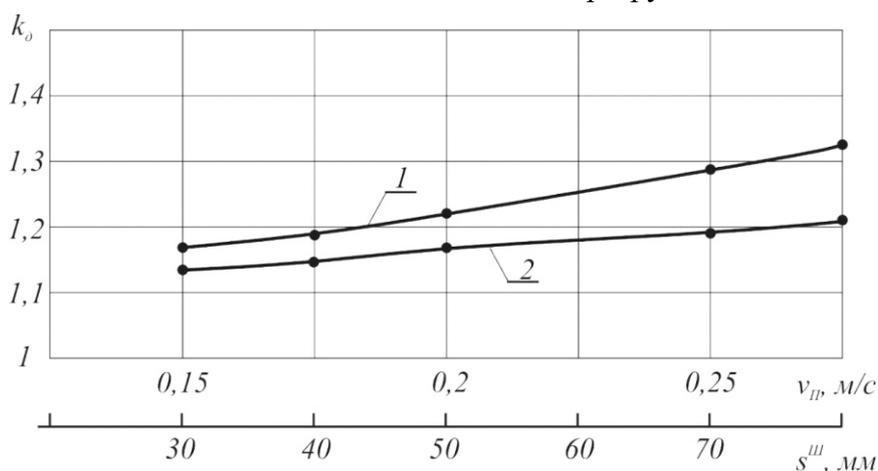
$$c_p = \frac{\vartheta^2 z^2 m_p}{R^2}, \text{ т/м} \quad (1)$$

где v - окружная скорость инерционного ротора, м/с; z - количество пар ножей инерционного ротора; m - масса инерционного ротора, т*сек²/м; R - радиус инерционного ротора, м.

Результаты расчетов проведенного исследования позволяют сделать рекомендацию о том, что при динамических расчетах стреловых экскаваторов с бесковшовым инерционным ротором: при $m_p=3$ т, $R=1,2$ м, $v=3$ м/с, $z=8-12$ значение величины жесткости инерционного роторного колеса следует принимать в пределах $c_p=(1,8 - 2,0)10^3$ т/м [3].

При установке экскаватора ЭРЭ-200-И в забой кембрийской глины высокой плотности ($C=80-105$ ударов плотномера ДорНИИ), были выявлены следующие недостатки конструкции:

- 1) повышенная динамичность нагрузки и колебания стрелы в вертикальной плоскости, хотя и в меньшей степени, чем у базового экскаватора ЭРЭ-200;
- 2) значительные прогибы стрелы в горизонтальной плоскости, что приводило к снятию стружки режущими элементами ротора различной ширины и в конечном итоге - к динамическим перегрузкам.

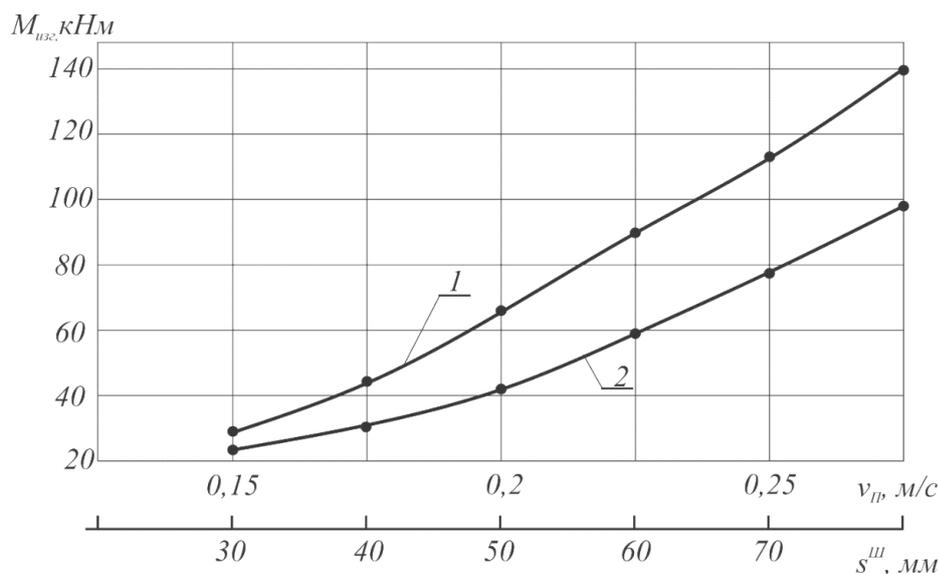


1-инерционный ротор; 2-гравитационный ротор.

Рис. 1 – Зависимость коэффициента динамичности горизонтальных изгибающих моментов от скорости боковой подачи и угла копания.

1-inertial rotor; 2-gravitational rotor.

Fig. 1-Dependence of the coefficient of dynamism of horizontal bending moments on the lateral feed rate and digging angle.



1- инерционный ротор; 2-гравитационный ротор

Рис. 2 – Зависимость горизонтальных изгибающих моментов в роторной стреле от скорости боковой подачи и угла копания

1-inertial rotor; 2-gravitational rotor.

Fig. 2 – Dependence of horizontal bending moments in a rotary boom on lateral feed speed and digging angle.

С учетом этого была разработана новая конструкция стрелового роторного экскаватора, в которой указанные недостатки были устранены двумя путями:

1) модульным разделением экскавационного и отгрузочного рабочих оборудований – установкой их на независимые друг от друга поворотные платформы;

2) применением гидроцилиндров и рычажного механизма в приводе поворота платформы экскавационного рабочего оборудования, снижающих динамичность процесса разработки грунта от бокового сопротивления копанию.

Для правильного анализа динамических нагрузок, действующих в этих машинах, необходимо располагать данными, характеризующими динамику внешней нагрузки, динамику элементов конструкции и динамику конструкционных материалов. Из этих данных для рассматриваемых машин имеют свою специфику, и представляет наибольший интерес динамика внешней нагрузки и динамика элементов конструкции.

Что касается динамики материалов, то она не является специфичной для экскаваторов, так при изготовлении их деталей и узлов применяются обычные конструкционные материалы, по изучению динамических свойств которых работают многие научно-исследовательские организации. Результаты их исследований без особых затруднений можно использовать при проектировании экскаваторов.

Поэтому ограничиваемся выявлением действительных динамических нагрузок, действующих в основных элементах конструкции стреловых экскаваторов с бесковшовым инерционным ротором с учетом упругости этих элементов и возникающих упругих колебаний, а также анализом влияния основных факторов, влияющих на величину динамических нагрузок.

В целом, эксперименты свидетельствуют о наличии значительных резервов для дальнейшего увеличения производительности и усилий копания инерционным ротором нижней разгрузки по условию динамичности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волков Д.П. Машины для земляных работ, - М.: Машиностроение, 2002, - С. 340.
- [2] Таукелев Р.Н. Выбор основных параметров и перспективы создания экскавационных машин с инерционным ротором нижней разгрузки. Дисс. на соискание ученой степени д.т.н. - М, МИСИ, 1992, С.304
- [3] Таукелев Р.Н., Жусупов К.А. Особенности рабочего процесса и перспективы освоения новых экскавационно-транспортных машин с инерционным ротором - Сборник научных трудов «Транспорт Евразии-2008», г. Алматы, с.120-121
- [4] Щадов М.И., Владимиров В.М. и др. Экскавационно-транспортные машины непрерывного действия: Справочник механика открытых работ. - М: Недра, 2010г, с.161

REFERENCES

- [1] *Mashiny dlja zemljanyh rabot.* Volkov D.P. [in Russian: Earthmoving machines] M. Mashinostroenie, 2002, P. 340.
- [2] *Vybor osnovnyh parametrov i perspektivy sozdaniya jekskavacionnyh mashin s inercionnym rotorom nizhej razgruzki.* Taukelev R.N. [in Russian: Selection of the main parameters and prospects of creation of excavating machines with inertial rotor of the lower unloading.] Diss. for the degree of doctor of technical Sciences, M, MISI, 1992, P. 304
- [3] *Osobennosti rabocheho processa i perspektivy osvoeniya novyh jekskavacionno-transportnyh mashin s inercionnym rotorom.* Taukelev R.N., Zhushupov K.A. [in Russian: Features of the working process and prospects of development of new excavator-transport machines with inertial rotor] Collection of scientific papers "Transport of Eurasia-2008", Almaty, p. 120-121
- [4] *Jekskavacionno-transportnye mashiny nepreryvnogo dejstvija: Spravochnik mehanika otkrytyh rabot.* Shhadov M.I., Vladimirov V.M. i dr. [in Russian: Excavator-transport machines of continuous action]: Handbook of mechanics of open works. M: Nedra, 2010, p. 161

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ СТРЕЛОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ С ИНЕРЦИОННЫМ РОТОРОМ

Жусупов Кенес Амирлович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru

Есенгалиев Манарбек Нурасбекович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, m.esengaliev@mail.ru

Копенов Бахтияр Темирбекович, к.т.н., ассоц. профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, madiiskakov69@mail.ru

ИНЕРЦИЯЛЫ РОТОРЛЫ ЖЕБЕЛІ ЭКСКАВАТОРЛАРДЫҢ ЖҰМЫС ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жусупов Кенес Амирлович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kenes_atabai@mail.ru

Есенгалиев Манарбек Нурасбекович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, m.esengaliev@mail.ru

Копенов Бахтияр Темирбекович, т.ғ.к., ассоц. профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, madiiskakov69@mail.ru

Аңдатпа. Отандық және шетелдік тәжірибе көрсеткендей, экскавациялау үдерісінің тиімділігін жоғарылату тәсілдерінің бірі есебінде қазу күші жоғары және тасымалдау мүмкіншілігі үлкен жұмыс органдарын қолдану қажеттілігі қарастырылады. Мұндай жоғары өнімділікті жабдықтарды қолдану еңбек өнімділігін едәуір арттыруға септігін тигізеді, алайда бұл үдерістегі динамикалық күштер мәселесі осы салаға арналған жұмыстарда аз қамтылған. Осыған байланысты жұмыста экскавациялық машиналардың динамикалық жұмыс үдерісінің деректері алынған экспериментальді зерттеулер нәтижелері көрсетілген.

Роторлы жебенің күштер ең көп шоғырланған қимасындағы иілу күштерінің динамикалылығын зерттеу нәтижесі динамикалық коэффициент пен горизонталь иілу моменттің бүйірлік беру жылдамдығы мен қазу бұрышына байланысты өзгертіндігін көрсетті, инерциялы ротордың динамикалық коэффициентінің шамасы параметрлерді зерттеу шегінде гравитациялық ротордікінен төмен екендігі байқалды. Сондықтан инерциялы ротордың кесу элементтерінің конструкциясы роторлы жебенің металқұрылымының ұзақмерзімділігін жоғарылата және жүктемелерді төмендете отырып, жебедегі горизонталь иілу моменттерінің едәуір төмендеуіне мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: шөмішсіз инерциялы ротор; жебелі роторлы экскаватор; экскавациялық машиналар; серпімді динамикалық жүйелер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 197-207

DEVELOPMENT OF COMBINED AND COMBINED METHODS OF PRESSING NON-FERROUS METALS AND ALLOYS

Nurahmetova Kul'zira - Ph. D., Kazakh Academy of transport and communications. M. Tynyshpaeva, nurahmetova52@mail.ru.

Abstract. The paper shows that for the manufacture of bars from non-ferrous metals the most promising are the use of devices and methods of combined processing methods. Such devices combine continuous casting and separate types of pressure treatment in one line. These methods allow the most efficient use of the benefits of individual types of treatment. However, the use of well-known combined methods of pressing does not allow to obtain press-products with ultrafine-grained (UFG) structure, providing high physicomechanical properties of rods. The article shows that intense plastic deformation by the method of radial-shear rolling with a combination of extrusion ensures the formation of uniform UFG structures in the rods.

Key words: radial shift rolling, non-ferrous metals, rods, casting and rolling aggregates, combined processing methods.

УДК: 622.771.2

К.К. Нурахметова¹

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

РАЗВИТИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ И СОВМЕЩЕННЫХ СПОСОБОВ ПРЕССОВАНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Аннотация. В работе показано, что для изготовления прутков из цветных металлов наиболее перспективным является применение устройств и способов совмещенных методов обработки. Такие устройства объединяют в одной линии непрерывное литье и отдельные виды обработки давлением. Данные способы позволяют наиболее эффективным образом использовать преимущества отдельных видов обработки. Однако, применение известных совмещенных способов, прессования не позволяет получить пресс-изделий с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой, обеспечивающие высокие физико-механические свойства прутков. В статье показано, что интенсивная пластическая деформация методом радиально-сдвиговой прокаткой с сочетанием прессования, обеспечивает в прутках формирование однородной УМЗ структур.

Ключевые слова: радиально-сдвиговая прокатка, цветные металлы, прутки, литейно-прокатные агрегаты, совмещенные методы обработки.

Для производства катанки из цветных металлов в зарубежных странах в основном используют совмещенную технологию литья и прокатки[1]. Полный комплект современных литейно-прокатных оборудований в настоящее время выпускают известные мировом масштабе фирмы Southwire (США), Continus-Properti

(Италия) и SMS-Group (Германия). Данные фирмы изготавливают высококачественные литейно-прокатные оборудования, создающие большую конкуренцию в мировом рынке металлургического оборудования [2,3].

Большинство известных фирм изготавливают литейно-прокатные агрегаты

(ЛПА), состоящие из аналогичного технологического оборудования [1]. В состав технологического оборудования многих ЛПА входят плавильные печи, литейные машины, прокатные станы и моталки. Заметим, что технические характеристики ЛПА многих фирм значительно различаются. Например, литейными машинами «Контирод» снабжены ЛПА фирмы SMS. Данные машины изготовлены в виде гусеничной тяги, где кристаллизация слитков осуществляется в пазу между перемещающимися стальными лентами и бронзовыми трапециями. В агрегатах фирм Southwire и Properzi используют роторные (вращающиеся) кристаллизаторы с трапецеидальными пазами. Впрочем, литейные машины имеют многообразную конструкцию [4].

Заметим, что во многих случаях ЛПА компании Properzi оборудованы трех валковыми прокатными станами [1]. Однако, в настоящее время фирмой разработаны и используются комбинированные группы станов, где черновые клетки – двухвалковые, а промежуточные и чистовые – трехвалковые. Благодаря таким преимуществам, как автоматическое регулирование скорости кристаллизации и разлива металла, максимальная автоматизация технологического процесса прокатки, ЛПА компании Properzi стала надежным оборудованием многих металлургических заводов. Вышеприведенные преимущества позволяют максимально снизить влияние человеческого фактора на технологический процесс разлива слитков и прокатки различных профилей. Следует отметить, что в ЛПА данной компании все технологические параметры процесса совмещенной обработки задаются и контролируются при помощи особых средств мониторинга [4].

Известной фирмой, разрабатывающей конструкцию различных ЛПА, их изготавливающей и производящей монтаж оборудования, является американская компания Southwire [1,5,6]. В

данных ЛПА производят сортовой прокат. Комплекс оборудования ЛПА фирм Southwire и Properzi имеют аналогичную конструкцию. Однако, рабочие узлы и принцип действия некоторых оборудования ЛПА фирм Southwire и Properzi имеют конструктивные различия. Например, печь-миксер фирмы Southwire сделан в виде резервуара барабанного типа. Это дает возможность последовательно доставлять жидкий металл в литейную машину. Следует отметить, что по сравнению с ЛПА фирмы Properzi, агрегаты компании Southwire оснащены двухвалковыми прокатными станами. При этом производительность ЛПА компании Southwire может достигать 15-ти тонн в час [6]. Технологические процессы ЛПА компании Southwire хорошо автоматизированы, что позволяет малым количеством персонала выпускать прокатанную продукцию различного сортамента.

Заметим, что прокатные станы «No-Twist» позволяют без кантовки заготовки осуществлять прокатку различных профилей [1,6]. Данные станы разработаны фирмой Morgan-Siemens (Германия). Станы «No-Twist» содержат индивидуальные приводы, что предоставляет возможность гибко управлять технологическим процессом при изготовлении катанки различных диаметров.

В странах постсоветского пространства сконструировано и изготовлено 21 литейно-прокатных агрегатов для производства различных профилей из цветных металлов [1,7]. В данных агрегатах применяются по конструкции похожие литейные машины, т.е. литейные машины роторного типа, используемых в странах дальнего зарубежья.

Впрочем, литейно-прокатные агрегаты стран СНГ оснащены литейной машиной, барабанными ножницами, правильно-тянущей машиной, машиной для зачистки кромок заготовки, промежуточными печами подогрева, прокатными станами, линией охлаждения,

делительными ножицами и моталками [1,7].

Обобщая вышесказанное, можно отметить, что хорошее техническое и технологическое развитие получили в настоящее время применяемые ЛПА стран ближнего и дальнего зарубежья [1]. Однако, данные агрегаты, кроме преимуществ, имеют определенные недостатки. Главными недостатками являются: применение производственных площадей значительных размеров; сложная система автоматизации линии; непростая конструкция прокатного стана и т.д. Кроме того, применяемая технология непрерывной разливки слитков и прокатки не позволяет деформировать заготовку с большими единичными обжатиями за один проход обработки. Это уменьшает механические свойства металла и не позволяет формировать мелкозернистую структуру. Все это уменьшает качество прокатываемых изделий.

Анализ литературы показывает, что наиболее эффективным методом производства различных по геометрическим размерам профилей является один из древнейших видов обработки металлов давлением как прессование [1,8]. Однако, из-за трудности осуществления непрерывного деформирования металла, оно применяется очень редко. Кроме того, большим недостатком прессования является возникновение больших по величине контактных трений на стенке контейнера при деформации. Контактное трение создает интенсивный разогрев пресс-изделий при их экструдировании. Все это создает явное ограничение по допустимым температурно-скоростным режимам прессования, снижает производительность обработки и приводит к использованию дополнительных сложных систем охлаждения. Вдобавок, из-за повышения величины коэффициента трения увеличивается пресс-остаток и усилие прессования профилей. Увеличение усилий обработки снижает стойкость и жесткость матрицы, пуансона и контейнера. В связи с

вышесказанным, увеличивается стоимость прессовой оснастки.

Известно [1,8,9], что непрерывные способы прессования, как Конформ, Экстроллинг и Лайнекс используют в промышленности для увеличения экономической и технологической эффективности производства катанки из цветных металлов. Данные способы являются перспективными методами обработки металлов давлением, позволяющие предотвратить образование вышеуказанных недостатков действующей технологии литья-прокатки и классического прессования. Следует отметить, что способ непрерывного прессования Лайнекс не нашел применение в промышленности.

При применении вышеприведенных способов непрерывного прессования, как Конформ, Экстроллинг и Лайнекс, нагретую заготовку деформируют специальным инструментом [1,8,9]. В случае использования способа Конформ, специальный инструмент состоит из находящегося в движении рабочего колеса в виде кольцевой канавки, неподвижного башмака с упором и матрицей, смонтированной в упоре башмака. При использовании способа Экстроллинг, рабочий инструмент состоит из двух одинаковых по диаметру валков. Данные валки образуют открытый калибр круглого сечения, на выходе из которого смонтирована матрица с необходимым калибрующим отверстием.

Обработка материалов вышеприведенным способом приводит к следующим преимуществам [1]: прессование заготовок при активном действии сил трения, что приводит к снижению энергозатрат в прессовом цехе; выпуск пресс-изделий хорошего качества; из-за сокращения технологического цикла прессования уменьшается себестоимость производства. Однако, ряд существенных недостатков не позволяют в промышленных условиях применить вышеприведенные методы непрерывного прессования.

Появление реактивных сил контактного трения заготовки о неподвижный инструмент является основным недостатком способа Конформ [1]. Указанный недостаток приводит к повышению энергосиловых параметров процесса прессования. Следует отметить, что трение о башмак приводит к уменьшению износостойкости инструмента и повышению, неравномерному распределению напряжения и деформации при прессовании. Известно, что неравномерное распределение деформации приводит к неоднородности свойств пресс-изделий, что недопустимо для продукции из металлов и сплавов.

Следует отметить, что способ Экстроллинг широко не применяется в производстве [1]. Причиной этого является неустойчивое протекание процесса и несоздание достаточно необходимого давления для выдавливания металла через матрицу. Большинство исследователей считают, что причиной этого является применение круглого открытого калибра и расположение матрицы на общей вертикальной оси валков.

Несмотря на отмеченные недостатки, вышеприведенные способы непрерывного прессования, в настоящее время активно совершенствуются некоторыми специалистами стран ближнего и дальнего зарубежья. Поэтому для развития имеют хороший потенциал. Следует отметить, что в монографиях [8-11] приведены обобщенные материалы по вышеприведенным совмещенным процессам.

Изучению непрерывного способа прессования Конформ, посвящена работа [8]. В данной работе математическим моделированием изучены непрерывный способ прессования Конформ и совмещенный процесс, как литье-прессование металлов. Авторы работы, для технического и технологического проектирования оборудования и способа прессования разработали пакет программ. Лабораторные и промышленные испытания провели на спроектированном оборудовании. Используя полученные

результаты, разработали ряд конструкций установок Конформ.

Совмещенный непрерывный способ прокатки-прессования (СПП) и способ совмещенного непрерывного литья и прокатки-прессования (СЛиПП) разработана в работах [9-11]. При использовании данных способов, заготовку соответствующего размера прокатывают в закрытом ящичном калибре, образованном валками с выступом и кольцевой канавкой, далее прессуют в матрице установленном на выходе ящичного калибра. Матрица расположена на некотором расстоянии от оси валков.

Если сравнить способ СПП с процессом Экстроллинг, то можно увидеть, что основным отличием данных способов является наличие существенных активных сил трения при деформировании способом СПП [1]. Следует отметить, что при взаимодействии деформируемой заготовки с валками создаются активные силы. Данные силы позволяют равномерно деформировать металл заготовки и снижать усилие прокатки-прессования, которое необходимо для выдавливания прутка. Заметим, что в процессе прокатки-прессования, способом СПП дополнительно возникают знакопеременные деформации. Возникновение знакопеременной деформации связано с деформацией металла заготовки сначала вертикальным сжатием, а затем горизонтальным удлинением при продвижении его по очагу деформации. При этом, металл заготовки деформируется и противоположным горизонтальным сжатием перед зеркалом матрицы. Такая знакопеременная деформация повышает качество изготавливаемой продукции.

Путем применения в технических решениях конструкций устройств и установок непрерывного прессования, результаты исследований работ [12-26] использованы на практике и защищены патентами на изобретение и полезной модели.

Необходимо отметить, что одна из линий непрерывной прокатки-прессования состоит из правильно-задающего

устройства, прокатного стана ДУО260, матричного блока и устройства поджима [1,17]. Правильно-задающее устройство имеет в форме заготовки соответствующий набор роликов с ручьями. Путем применения данного устройства подают заготовку и захватывают ее валками. Следует отметить, что в виде закрытого ящичного калибра спроектированы валки прокатного стана. Матричный блок имеет матрицу трапецидальной формы с боковыми гранями и матрицу-держатель. Устройство поджима включает в свой состав жесткую раму с прикрепленным к ней гидравлическим цилиндром. Гидравлический цилиндр необходим для зажима матрицы к валкам и выдвигание ее из калибра после завершения процесса прессования. Все это способствует быстрому осуществлению смены матрицы.

Полученные на вышеописанной установке результаты показали, что способами СПП можно с большой производительностью получать прутки с заданными механическими свойствами, структурой и геометрическими размерами[1].

Сравнение технологических процессов литья-прокатки Конформ и СПП показали, что использование технологического процесса СПП позволяет снизить в 1,5 – 2 раза суммарную затрату на изготовление прутковой продукции [1]. Такое снижение, прежде всего, связано с уменьшением капитальных и трудовых затрат, а также снижением энергоемкости процесса. Таким образом, использование способа совмещенного литья и прокатки-прессования дает возможность получить хороший экономический эффект.

Таким образом, анализируя современную технологию и оборудования непрерывных процессов можно прийти к следующему выводу [1]: при производстве длинномерных изделий из цветных металлов экономически и технологически очень выгодным является использование совмещенных способов СПП, СЛиПП и т.д. Выше отметили, что данные процессы включают операции: литье, прокатку, прессование.

Следует отметить, что при реализации данных совмещенных способов для установки оборудования не требуются большие производственные площади [1]. Эти способы позволяют интенсивно деформировать металл при низких энергетических затратах.

Итак, при производстве прутков и труб вышеотмеченными способами, в основном решаются две задачи, удовлетворяющие потребительские свойства прутков и труб: изготовление изделий с требуемыми геометрическими размерами и заданными физико-механическими свойствами [1,27]. Первая задача решается путем выбора рациональных размеров первоначальной и промежуточной заготовки и расчетом технологических параметров прокатки-прессования. При решении второй задачи находят оптимальные величины единичных и суммарных обжатий заготовки. Это необходимо для выпуска готовых изделий с требуемыми физико-механическими свойствами, нормируемых государственными стандартами и техническими условиями.

Однако, применение вышеприведенных способов прокатки-прессования не дает возможность получить ультрамелкозернистую (УМЗ) структуру в металле. Причиной является квазимонотонный характер деформации. Все это не обеспечивает изготовление прутков и труб с высокими физико-механическими свойствами [28].

Следует отметить, что в настоящее время большое развитие и широкое применение получили методы ИПД [1]. Данные способы применяются для изготовления изделий с субмикро- и нанокристаллической структурой. Для получения такой структуры заготовку обрабатывают немонотонным деформированием [28]. Заметим, что сравнительно очень высокие и полезные физико-механические свойства имеют металлы и сплавы с УМЗ структурой. В методах ИПД инструмент деформирует металл активными и переменными по величине и направлению скоростями

деформирования. Это приводит к изменению знака деформации и направлений вытяжки материала. Течение металла в этих условиях приобретает ротационный («вихревой») характер. Однако, в промышленных условиях этим методом изготавливать прутки и трубы практически невозможно.

Впрочем радиально-сдвиговая прокатка (РСП) является хорошим методом получения УМЗ структуры в длинномерных прутках и трубах [1]. Данный вид прокатки является эффективным способом обработки, обеспечивающим получение равномерной деформации [29]. По мнению многих исследователей, РСП является самым эффективным способом обработки, дающим возможность с малыми затратами изготавливать высококачественные изделия. Спиралевидная макроструктура образуется при обработке способом РСП. Образование такой макроструктуры связано с силовыми и кинематическими условиями приложений нагрузки на заготовку. С разным шагом и углом подъема винтовых линий движение слоев металла позволяет хорошо измельчить структуру.

Однако, РСП не обеспечивает изготовление прутков и труб из цветных металлов с точными геометрическими размерами, при этом данным методом невозможно, непрерывным способом, без пресс-остатков получать пресс-изделия [1].

Таким образом, анализ научно-технической и патентной литературы приводит к следующим выводам [1]:

- для выпуска прутков и труб из цветных металлов наиболее перспективным является применение способов совмещенных методов обработки,

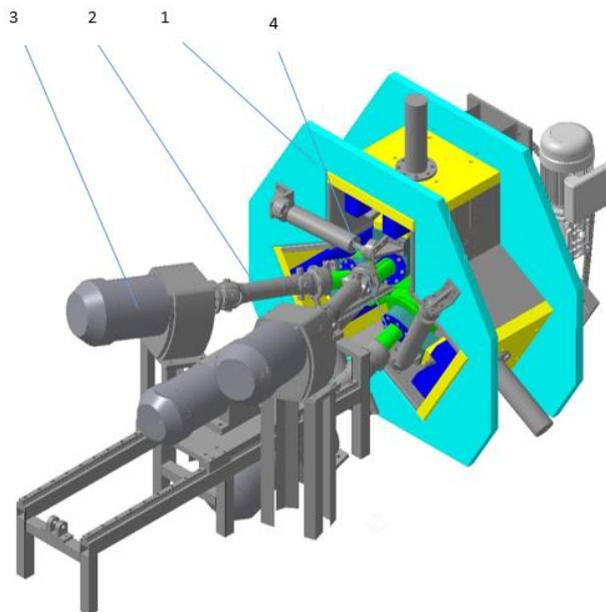
объединяющие в одной линии непрерывное литье и отдельные виды обработки давлением;

- формирование и изменение свойств катанок из цветных металлов, изготавливаемых совмещенными процессами обработки, недостаточно изучены, что требует исследование их структур и свойств;

- известными совмещенными способами прессования невозможно получить пресс-изделия с УМЗ или нанокристаллической структурой, обеспечивающих высокие физико-механические свойства прутков.

Нами предлагается новый совмещенный способ, позволяющий получить УМЗ - структуру. В данном способе УМЗ структура получается интенсивной пластической деформацией методом радиально-сдвиговой прокаткой в сочетании с прессованием (рисунок 1) [1,30].

Новый радиально-сдвиговый стан (РСС) представляет собой комплекс прокатного и нагревательного оборудования, предназначенного для горячей винтовой прокатки прутков с УМЗ структурой (рисунок 1) [1]. Трехвалковая рабочая клетка РСС (рисунок 2) состоит из станины 1, в расточках которой через 120° смонтированы узлы рабочих валков 2. Рабочие валки смонтированы на подушках 3 (рисунок 2), крутящий момент, который передается через шпиндели от электродвигателей. Клетки нового стана сконструированы с возможностью расположения валков в клетке с различными углами к оси прокатки и тангенциальным смещением относительно ее на 18 мм.



1 - корпус стана, 2 – шпиндель 3 – электродвигатель, 4 - валки

Рис. 1 – Радиально-сдвиговый стан

1-mill body, 2-spindle 3-electric motor, 4-rolls

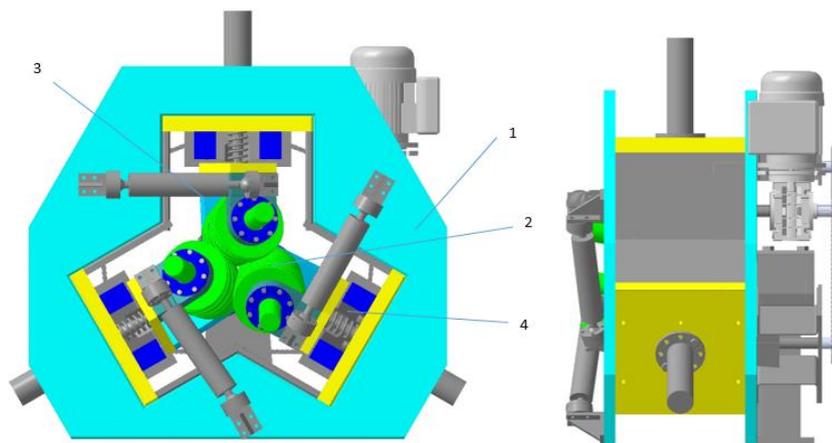
Fig. 1 – Radial shear mill

Валки имеют гладкие и волнисто-конусообразные участки захвата и обжатия, соответственно калибрующие цилиндрические участки [1]. При этом выступы или впадины валков, имеющие одинаковую ширину и соответственно высоту или глубину, выполнены по винтовой линии с углом между касательной к винтовой линии и линией, проходящей через точку касания по образующим перпендикулярным основаниям валка, равным от 45° до 60° .

Прессование прутков осуществляют следующим образом [1]. Заготовка подается в зазор между валками и деформируется с выступами и впадинами волнисто-конусообразных участков валков, при вращении валков в одном направлении.

Валки, вращаясь своим вращательным движением, поступательно двигают деформируемый металл и выдавливают их через отверстие пресс-матрицы.

Прокатка заготовки в волнисто-конусообразных участках валков, при вращении валков в одном направлении обеспечивают поступательное и вращательное движение заготовки в направлении прокатки, эффективное измельчение структуры по всему сечению заготовки за счет развития сдвиговых деформаций и уменьшения усилий прокатки [1]. Эффективное измельчение структуры обеспечивает формирование УМЗ структуры в прутках, и тем самым получение качественной продукции.



1 – станина, 2 – рабочие валки, 3 – подушка, 4 - клин
Рис. 2 – Трехвалковая рабочая клетка радиально-сдвигового стана
1-bed, 2-working rolls, 3-pillow, 4-wedge
Fig. 2 – three-Roll working crate of radial shear mill

Вывод. Интенсивная пластическая деформация прутков методом радиально-сдвиговой прокатки с сочетанием прессования, обеспечивает формирование

однородной УМЗ структуры, что приводит к повышению свойств прочности, пластичности, износостойкости и снижению коэффициента трения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Разработка новой конструкции непрерывного радиально-сдвигового стана с программным управлением для изготовления прутков и труб из цветных металлов: отчет о НИР (промежуточ.): НАО "КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И. Сатпаева"; рук. Машеков С.А.; исполн: Тусупкалиева Э. А. [и др.]. – Алматы, - 2018. – 163 с. - № ГР0118РК00041 – Инв. № 0218РК00342.
- [2] Белый, Д.И. Алюминиевые сплавы для токопроводящих жил кабельных изделий/ Кабели и Провода, 2012. – №1. – С. 8-15.
- [3] Белый, Д.И. ООО«Элкат» - Более 20 лет успешной работы/ Кабели и Провода, 2012. – №1. – С. 23-29.
- [4] Официальный сайт компании«Properzi» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.properzi.com/index.html> (дата обращения 12.05.2018).
- [5] Официальный сайт компании«Southwire» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.southwire.com/SCR.htm> (дата обращения 12.05.2018).
- [6] Беспалов В. М. Исследование совмещенных процессов обработки сплавов системы Al-Zr для получения длиномерных деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения: Дисс. канд. техн. наук. – Красноярск.: Сибирский федеральный университет, 2014, - 180 с.
- [7] Официальный сайт акционерной холдинговой компании«ВНИИМЕТ-МАШ им. А.И. Целикова» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.vniimetmash.ru/produktsiya> (дата посещения 20.07.2018).
- [8] Горохов, Ю.В. Основы проектирования процессов непрерывного прессования металлов: монография/ Ю.В. Горохов, В.Г. Шеркунов, Н.Н. Довженко и др. – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2013. – 224 с.
- [9] Сидельников, С.Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография/ С.Б.Сидельников, Н.Н. Довженко, Н.Н. Загиров– М.:МАКС Пресс, 2005. – 344 с.
- [10] Довженко, Н.Н. Прессование алюминиевых сплавов: моделирование и управление тепловыми условиями: монография/ Н.Н. Довженко, С.В. Беляев, С.Б.Сидельников и др. – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2009. – 256 с.
- [11] Грищенко, Н.А. Механические свойства алюминиевых сплавов: монография/ Н.А. Грищенко, С.Б. Сидельников, И.Ю. Губанов и др. – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2012. – 196 с.
- [12] Пат. 2100113 Российская Федерация, МПК В21С23/08. Устройство для непрерывного прессования труб/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Ешкин А.В., Гилевич Ф.С.; опубл. 27.12.1997.
- [13] Пат. 2100136 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Установка для непрерывного литья и прессования металла/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, А.В. Ешкин; опубл. 27.12.1997.

- [14] Пат. 29675 Российская федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывного прессования металлов/ Е.Ю. Сырямкина, С.Б. Сидельников, Ю.А. Клейменов и др.; опубл. 27.05.2003.
- [15] Пат. 2200644 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Устройство для непрерывного литья и прессования полых профилей/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, А.И. Гришечкин, Е.С. Сидельникова; опубл. 20.03.2003.
- [16] Пат. 67492 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Установка для не-прерывного литья, прокатки и прессования металла/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, В.Н. Тимофеев и др.; опубл. 27.10.2007.
- [17] Пат. 68387 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Устройство для непрерывного литья и прессования полых профилей/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко и др.; опубл. 27.11.2007.
- [18] Пат. 70828 Российская Федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников и др.; опубл. 20.02.2008.
- [19] Пат. 73245 Российская Федерация, МПК В21С3/00. Устройство для непрерывного литья, прокатки и прессования цветных металлов и сплавов/ С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко, Е.С. Лопатина и др.; опубл. 20.05.2008.
- [20] Пат. 2334574 Российская Федерация, МПК В21С25/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования/ С.В. Беляев, Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников и др.; опубл. 27.09.2008.
- [21] Пат. 2335376 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Устройство для непрерывного литья, прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников и др.; опубл. 10.10.2008.
- [22] Пат. 101390 Российская Федерация, МПК В21С23/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, И.Н. Довженко и др.; опубл. 20.01.2011.
- [23] Пат. 102313 Российская Федерация, МПК В21С23/08. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, И.Н. Довженко и др.; опубл. 27.02.2011.
- [24] Пат. 102542 Российская Федерация, МПК В21С23/00. Устройство для непрерывной прокатки и прессования профилей/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко и др.; опубл. 10.03.2011.
- [25] Пат. 102550 Российская Федерация, МПК В22D11/06. Установка для непрерывного литья, прокатки и прессования металла/ С.В. Беляев, С.Б. Сидельников, И.Н. Довженко и др.; опубл. 10.03.2011.
- [26] Пат. 2457914 Российская Федерация, МПК В21С3/00. Устройство для непрерывного литья. Прокатки и прессования цветных металлов и сплавов/ В.Н. Баранов, Д.С. Ворошилов, Р.И. Галиев и др.; опубл. 10.08.2012.
- [27] Харитонов В.А., Радионова Л.В.. Проектирование ресурсосберегающих технологий производства высокопрочной углеродистой проволоки на основе моделирования: Монография. – Магнитогорск: ГОУ ВПО«МГТУ», 2008.- 171 с.
- [28] Утяшев Ф. 3. Современные методы интенсивной пластической деформации: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2008.-313 с.
- [29] Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки. М.: Metallurgy, 1990. – 344с.
- [30] Патент РК № 27722. Машеков С. А., Нугман Е.З., Алшынова А. М. и др. Устройство для непрерывного прессования пресс-изделия. Опубл. 18.12.2013, бюл. №12. 3 с.: ил.

REFERENCES

- [1] *Razrabotka novoy konstruksii nepreryvnogo radial'no-sdvigovogo stana s programmnyy upravleniyem dlya izgotovleniya prutkov i trub iz tsvetnykh metallov: otchet o NIR (promezhutoch.):* NAO "KAZAKHSKIY NATSIONAL'NIY ISSLEDOVATEL'SKIY TEKHNIЧЕСKIY UNIVERSITET imeni K.I. Satpayeva" ; ruk. Mashekov S.A.; ispoln: Tusupkaliyeva E. A. [in Russian: Development of a new design of a continuous radial-shear mill with software control for the manufacture of bars and pipes from non-ferrous metals]– Almaty, - 2018. – 163 s. -№ GR0118RK00041 – Inv. № 0218RK00342.
- [2] Belyy, D.I. *Alyuminiyevyye splavy dlya tokoprovodyashchikh zhil kabel'nykh izdeliy* [in Russian: Aluminum alloys for conductive conductors of cable products]/ Kabeli i provoda, 2012. – №1. – S. 8-15.
- [3] Belyy, D.I. *OOO «Elkat» - Boleye 20 let uspehnoy raboty* [in Russian: Elkat LLC - Over 20 years of successful work]/ Kabeli i provoda, 2012. – №1. – S. 23-29.
- [4] *Ofitsial'nyy sayt kompanii «Properzi»* [Elektronnyy resurs]: sayt. – URL: <http://www.properzi.com/index.html> (data obrashcheniya 12.05.2018).
- [5] *Ofitsial'nyy sayt kompanii «Southwire»* [Elektronnyy resurs]: sayt. – URL: <http://www.southwire.com/SCR.htm> (data obrashcheniya '12.05.2018).
- [6] Bepalov V. M. *Issledovaniye sovmeshchennykh protsessov obrabotki splavov sistemy Al-Zr dlya polucheniya dlinnomernykh deformirovannykh polufabrikatov elektrotekhnicheskogo naznacheniya.* [in Russian: Investigation of the combined processes of processing alloys of the Al-Zr system to obtain long-length deformed semi-finished products for electrical purposes] Diss. kand. tekhn. nauk. – Krasnoyarsk.: Sibirskiy federal'nyy universitet, 2014, - 180 s.

- [7] *Ofitsial'nyy sayt aktsionerной kholdingovoy kompanii «VNIIMET-MASH im. A.I. Tselikova»* [Elektronnyy resurs]: sayt. – URL: [http://www.vniimetmash.ru/produksiya\(data_poseshcheniya_20.07.2018\)](http://www.vniimetmash.ru/produksiya(data_poseshcheniya_20.07.2018)).
- [8] Gorokhov, YU.V. *Osnovy proyektirovaniya protsessov nepreryvnoy pressovaniya metallov: monografiya*/ YU.V. Gorokhov, V.G. Sherkunov, N.N. Dovzhenko i dr. [in Russian: Basics of designing processes of continuous extrusion of metals: monograph] – Krasnoyarsk: Sibirskiy Federal'nyy un-t, 2013. – 224 s.
- [9] Sidel'nikov, S.B. *Kombinirovannyye i sovmeshchennyye metody obrabotki tsvetnykh metallov i splavov: monografiya*/ S.B.Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko, N.N. Zagirov [in Russian: Combined combinations and methods of processing nonferrous metals and alloys: monograph]– M.:MAKS Press, 2005. – 344 s.
- [10] Dovzhenko, N.N. *Pressovaniye alyuminiyevykh splavov: modelirovaniye i upravleniye teplovymi usloviyami: monografiya*/ N.N. Dovzhenko, S.V. Belyayev, S.B.Sidel'nikov i dr. [in Russian: Pressing of aluminum alloys: Modeling and control of thermal conditions: monograph]– Krasnoyarsk: Sibirskiy Federal'nyy un-t, 2009. – 256 s.
- [11] Grishchenko, N.A. *Mekhanicheskiye svoystva alyuminiyevykh splavov: monografiya*/ N.A. Grishchenko, S.B. Sidel'nikov, I.YU. Gubanov i dr. [in Russian: The mechanical properties of aluminum alloys: monograph] – Krasnoyarsk: Sibirskiy Federal'nyy un-t, 2012. – 196 s.
- [12] Pat. 2100113 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S23/08. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy pressovaniya trub*/ S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko, Yeshkin A.V., Gilevich F.S. [in Russian: Continuous pipe pressing device]; opubl. 27.12.1997.
- [13] Pat. 2100136 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V22D11/06. *Ustanovka dlya nepreryvnoy lit'ya i pressovaniya metalla*/ S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko, A.V. Yeshkin [in Russian: Installation for continuous casting and pressing of metal]; opubl. 27.12.1997.
- [14] Pat. 29675 Rossiyskaya federatsiya, MPK V21S25/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy pressovaniya metallov*/ Ye.YU. Syryamkina, S.B. Sidel'nikov, YU.A. Kleymenov i dr. [in Russian: Device for continuous pressing of metals]; opubl. 27.05.2003.
- [15] Pat. 2200644 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V22D11/06. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy lit'ya i pressovaniya polykh profiley*/ S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko, A.I. Grishechkin, Ye.S. Sidel'nikova [in Russian: Device for continuous casting and pressing of hollow profiles]; opubl. 20.03.2003.
- [16] Pat. 67492 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V22D11/06. *Ustanovka dlya nepreryvnoy lit'ya, prokatki i pressovaniya metalla*/ S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko, V.N. Timofeyev i dr. [in Russian: Installation for continuous casting, rolling and pressing of metal]; opubl. 27.10.2007.
- [17] Pat. 68387 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V22D11/06. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy lit'ya i pressovaniya polykh profiley*/ S.V. Belyayev, S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko i dr. [in Russian: Device for continuous casting and pressing of hollow profiles]; opubl. 27.11.2007.
- [18] Pat. 70828 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S25/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy prokatki i pressovaniya profiley*/ S.V. Belyayev, N.N. Dovzhenko, S.B. Sidel'nikov i dr. [in Russian: Device for continuous casting and pressing of hollow profiles]; opubl. 20.02.2008.
- [19] Pat. 73245 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S3/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy lit'ya, prokatki i pressovaniya tsvetnykh metallov i splavov*/ S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko, Ye.S. Lopatina i dr. [in Russian: Device for continuous casting and pressing of hollow profiles]; opubl. 20.05.2008.
- [20] Pat. 2334574 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S25/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy prokatki i pressovaniya*/ S.V. Belyayev, N.N. Dovzhenko, S.B. Sidel'nikov i dr. [in Russian: Device for continuous rolling and pressing]; opubl. 27.09.2008.
- [21] Pat. 2335376 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V22D11/06. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy lit'ya, prokatki i pressovaniya profiley*/ S.V. Belyayev, N.N. Dovzhenko, S.B. Sidel'nikov i dr. [in Russian: Device for continuous casting, rolling and extrusion of profiles]; opubl. 10.10.2008.
- [22] Pat. 101390 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S23/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy prokatki i pressovaniya*/ S.V. Belyayev, S.B. Sidel'nikov, I.N. Dovzhenko i dr. [in Russian: Device for continuous rolling and pressing]; opubl. 20.01.2011.
- [23] Pat. 102313 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S23/08. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy prokatki i pressovaniya profiley*/ S.V. Belyayev, S.B. Sidel'nikov, I.N. Dovzhenko i dr. [in Russian: Device for continuous rolling and extrusion of profiles]; opubl. 27.02.2011.
- [24] Pat. 102542 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S23/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy prokatki i pressovaniya profiley*/ S.V. Belyayev, S.B. Sidel'nikov, N.N. Dovzhenko i dr. [in Russian: Device for continuous rolling and extrusion of profiles]; opubl. 10.03.2011.
- [25] Pat. 102550 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V22D11/06. *Ustanovka dlya nepreryvnoy lit'ya, prokatki i pressovaniya metalla*/ S.V. Belyayev, S.B. Sidel'nikov, I.N. Dovzhenko i dr. [in Russian: Installation for continuous casting, rolling and pressing of metal]; opubl. 10.03.2011.
- [26] Pat. 2457914 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V21S3/00. *Ustroystvo dlya nepreryvnoy lit'ya. Prokatki i pressovaniya tsvetnykh metallov i splavov*/ V.N. Baranov, D.S. Voroshilov, R.I. Galiyev i dr. [in Russian: Device for continuous casting. Rolling and pressing of non-ferrous metals and alloys]; opubl. 10.08.2012.

- [27] Kharitonov V.A., Radionova L.V. *Proyektirovaniye resursosberegayushchikh tekhnologiy proizvodstva vysokoprochnoy uglerodistoy provoloki na osnove modelirovaniya: Monografiya*. [in Russian: Designing resource-saving technologies for the production of high-strength carbon wire based on modeling: Monograph.]– Magnitogorsk: GOU VPO«MGU», 2008. - 171 s.
- [28] Utyashev F.Z. *Sovremennyye metody intensivnoy plasticheskoy deformatsii*. [in Russian: Modern methods of intensive plastic deformation] Ufimsk. gos. aviats. tekhn. un-t. - Ufa: UGATU, 2008.-313 s.
- [29] Potapov I.N., Polukhin P.I. *Tekhnologiya vintovoy prokatki*. [in Russian: Screw rolling technology] M.: Metallurgiya, 1990. – 344s.
- [30] Patent RK № 27722. Mashekov S. A., Nugman Ye.Z., Alshynova A. M. i dr. *Ustroystvo dlya nepreryvnogo pressovaniya press-izdeliya*. [in Russian: Device for continuous pressing of a press product] Opubl. 18.12.2013, byul. №12. 3 s.: il.

РАЗВИТИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ И СОВМЕЩЕННЫХ СПОСОБОВ ПРЕССОВАНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Нурахметова Кульзира Кумаргалиевна - к.т.н., Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, nurahmetova52@mail.ru

ТҮСТІ МЕТАЛДАР МЕН ҚОРЫТПАЛАРДЫ СЫҒЫМДАУДЫҢ ҚҰРАМДАСТЫРЫЛҒАН ЖӘНЕ БІРЛЕСКЕН ТӘСІЛДЕРІН ДАМУ

Нурахметова Кульзира Кумаргалиевна - т.ғ.к., М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, nurahmetova52@mail.ru

Андатпа. Түсті металдардан шыбықтарды жасау үшін үздіксіз құюды және металдарды қысыммен өңдеудің жеке түрлерін бір технологиялық тізбекте біріктіретін біріктірілген өңдеу тәсілдері мен қондырғыларын қолдану ұтымды екені жұмыста көрсетілген. Өйткені осындай қондырғылар мен тәсілдер өңдеудің жеке түрлерінің артықшылықтарын нәтежелі қолдануға мүмкіндік береді. Бірақта белгілі біріктірілген баспақтау тәсілдерін қолдану, шыбықтарда жоғары физика-механикалық қасиеттерді қамтамасыз ететін ультраұсақ түйіршікті (УҰТ) құрылымы алуға мүмкіндік бермейді. Радиальды-ығыстыру жаймалауы мен баспақтауды өзіне қосатын қарқынды пластикалық деформацияны қолдану, біртекті УҰТ құрылымы бар шыбықта алуды қамтамасыз ететіндігі мақалада көрсетілген.

Түйінді сөздер: радиальды-ығысумен жаймалау, түсті металдар, шыбықтар, құю-жаймалау агрегаттары, біріктірілген өңдейтін тәсілдер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 207-214

WAYS TO IMPROVE TECHNOLOGY AND ALGORITHMS AUTOMATIC CONTROL OF THE MILLING TRACK

Kulgildinov Murat Saparbekovich – doctor of technical Sciences, Professor, Kazakh Academy of transport and communications named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, mursap@mail.ru

Kamzanov Nurbol Sadykanovich – doctoral student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, n.kamzanov@mail.ru

Begimkulova Elmira Alimbekovna – doctoral student, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, eb_199292@mail.ru

Abstract. When milling with the help of longitudinal rollers of track bulges on the road surface, the force F increases rapidly with increasing depth h due to the fact that as the depth of milling increases, the cutting band expands, and the section of the steepest rise falls on the approach to the main level of the road surface outside the bulge zone. Therefore, in practice, the most commonly used method of automatic stabilization of the vertical force of compression down the tool-cutter at a constant speed of rotation, as the easiest to implement. The choice of installations built on long time intervals of preload forces or pressures in the working cavities is carried out by the operator. However, experience shows that only the stabilization of vertical forces, even at correctly selected their average values, can lead to unacceptably high heights of residual bulge rollers, or to the appearance of troughs at the site of the bulge in General unacceptably large depths. At the same time, the automatic system was used control (by power circuit) with feedback at manually set adjusting variable increments of the level of adjustment of the bearings of the cutter drum. It

is established that as a result of power milling with stabilization of vertical effort the processed (milled) surface turns out buried, in the form of a trough, and besides rough. The unevenness is explained primarily by the fact that force deformations are reproduced during milling, caused by the variable height of the rollers of the track bulges. The analysis of arrangements of Executive mechanisms and drives of movements of bearings of drums of milling tools of the existing ADF was carried out, the dominating factors determining change of mutual position of working bodies of ADKF and a road surface in the course of milling of a road surface with variable parameters of height of a track and its.

Keywords: Milling, improvement of technology and algorithms, automatic control systems, gauge.

УДК 621.878/625.76

М.С. Кульгильдинов¹, Н.С. Камзанов¹, Э.А. Бегимкулова¹

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

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ КОЛЕИ

Аннотация. При фрезеровании с помощью продольных валиков выпоров колеи на дорожном покрытии сила F с увеличением глубины h быстро растет вследствие того, что по мере увеличения глубины фрезерования расширяется полоса резания, причем участок наиболее крутого подъема приходится на приближение к основному уровню поверхности дорожного покрытия вне зоны выпоров. Поэтому на практике чаще всего используется метод автоматической стабилизации вертикального усилия поджатия вниз инструмента-фрезы при постоянной скорости вращения, как наиболее простой в реализации. Выбор установок, построенных на длительных интервалах времени усилий поджатия или давлений в рабочих полостях, осуществляется оператором. Однако опыт показывает, что только лишь стабилизация вертикальных усилий даже при правильно выбранных их средних значениях может приводить или к недопустимо большим высотам остаточных валиков выпоров, или к появлению на месте выпора желобов в целом недопустимо больших глубин. При этом в автоматической системе было использовано управление (по силовому замыканию) с обратной связью при вручную задаваемых корректирующих переменных приращений уровня настройки подшипников барабана фрезы. Установлено, что в результате силового фрезерования со стабилизацией вертикального усилия обработанная (отфрезерованная) поверхность получается заглубленной, в виде желоба, и к тому же неровной. Неровность объясняется, в первую очередь, тем, что воспроизводятся силовые деформации при фрезеровании, вызванные переменной высотой валиков выпоров колеи. Был проведен анализ компоновок исполнительных механизмов и приводов перемещений подшипников барабанов фрез-инструментов существующих АДФ, выявлены доминирующие факторы, определяющие изменение взаимного положения рабочих органов АДКФ и дорожного покрытия в процессе фрезерования дорожного покрытия с переменными параметрами высотой колеи и ее выпоров.

Ключевые слова: фрезерование, совершенствование технологии и алгоритмов, системы автоматического управления, колея.

Наиболее простым в реализации принципа управления является способ задания усилия F прижатия через жесткие пружины инструмента-фрезы к обрабатываемой поверхности или кратко, силового замыкания системы автоматического управления. Типовая рабочая характеристика – зависимость

усилия F (в ньютонах, Н) от перемещения при фрезеровании выпоров при постоянной скорости вращения инструмента-фрезы от вертикальной координаты h (мм) при фрезеровании колеи и ее выпоров существенно нелинейная и имеет примерно такой схематичный вид, как показано на рисунке 1.

При фрезеровании с помощью продольных валиков выпоров колеи на дорожном покрытии сила F с увеличением глубины h быстро растет вследствие того, что по мере увеличения глубины фрезерования расширяется полоса резания, причем участок наиболее крутого подъема

приходится на приближение к основному уровню поверхности дорожного покрытия вне зоны выпоров [1].

При использовании гидропривода пружины можно исключить и достаточно стабилизировать давление в рабочих полостях гидропривода.

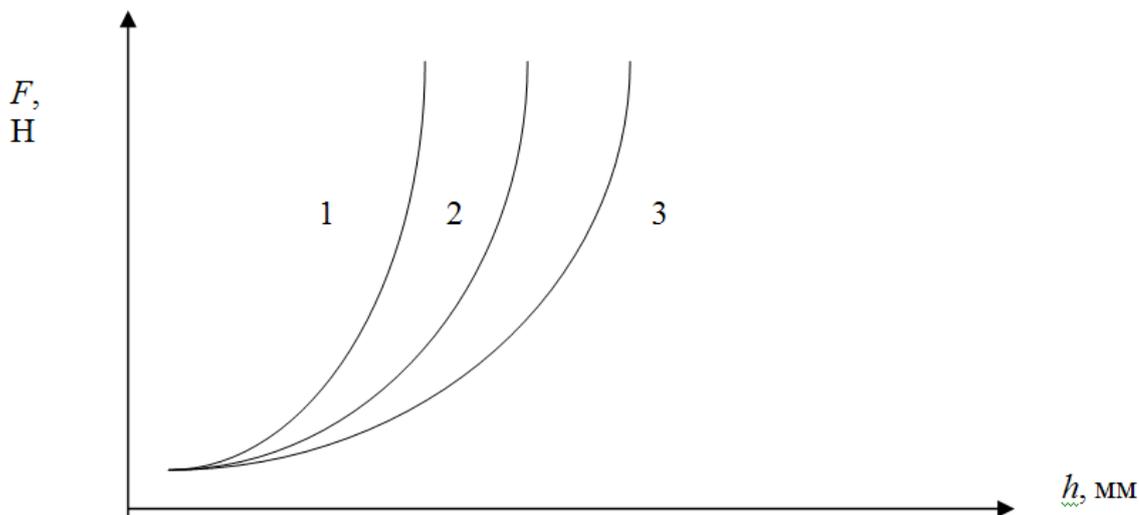


Рис. 1 – Зависимость изменения усилия F от изменения глубины фрезерования h для различных уровней скоростей вращения фрезы (1, 2, 3)

Fig. 1 – Dependence of force change F on change milling depths h for different levels of milling speeds (1, 2, 3)

Поэтому на практике чаще всего используется метод автоматической стабилизации вертикального усилия поджатия вниз инструмента-фрезы при постоянной скорости вращения, как наиболее простой в реализации.

Выбор установок, построенных на длительных интервалах времени усилий поджатия или давлений в рабочих полостях, осуществляется оператором.

Однако опыт показывает, что только лишь стабилизация вертикальных усилий даже при правильно выбранных их средних значениях может приводить или к недопустимо большим высотам остаточных валиков выпоров, или к появлению на месте выпора желобов в целом недопустимо больших глубин.

Пример результата фрезерования выпора методом упругого (силового) замыкания технологической схемы фрезерования колеи и ее выпоров, представлен на рисунке 2. При этом в

автоматической системе было использовано управление по силовому замыканию) с обратной связью при вручную задаваемых корректирующих переменных приращений уровня настройки подшипников барабана фрезы. [1, 2]

Установлено (и это видно на рисунке 2), что в результате силового фрезерования со стабилизацией вертикального усилия обработанная (отфрезерованная) поверхность получается заглубленной, в виде желоба, и к тому же неровной.

Неровность объясняется, в первую очередь, тем, что воспроизводятся силовые деформации при фрезеровании, вызванные переменной высотой валиков выпоров колеи, что изображается смещениями характеристики на рисунке 1.

Был проведен анализ компоновок исполнительных механизмов и приводов перемещений подшипников барабанов фрез-инструментов существующих АДФ, выявлены доминирующие факторы,

определяющие изменение взаимного положения рабочих органов АДКФ и дорожного покрытия в процессе

фрезерования дорожного покрытия с переменными параметрами высотой колеи и ее выпоров.



Рис. 2 – Результат фрезерования выпоров при управлении по силовому замыканию
Fig. 2 – The result of milling the bulges in the control of the power circuit

При этом имелось в виду, что показателем качества выполняемых технологических операций является количественная мера неровностей профилируемой поверхности дорожного покрытия после фрезерования.

В связи с необходимостью совершенствования систем управления даже при сохранении основных конструктивных и технологических параметров АДФ, применяемых для устранения выпоров колеи, является актуальной научно-технической проблемой.

При этом обоснована необходимость перехода от упругого (силового) замыкания контура управления положением к жесткому (координатному) замыканию технологической схемы фрезерования колеи и ее выпоров, что позволяет уменьшить не только текущую среднюю ошибку (отклонения от требуемого уровня) фрезерования, но и их разброс (среднеквадратическое отклонение).

Структурная схема новой системы автоматического управления вертикальным

положением подшипников с обратной связью по координате (высоте) подшипников барабана фрезы и, следовательно, уровня отфрезерованной поверхности показана на рисунке 3 [3].

Структура следящего гидропривода вертикального перемещения подшипника барабана фрезы обычно производителями дорожных фрез не раскрывается, предполагается, что по-прежнему в конструкциях агрегатов-фрез используются типовые хорошо отработанные и серийно выпускаемые специализированными фирмами-производителями технические решения. Основным является принцип управления по ошибке. Имеются две цепи внешних по отношению к следящему приводу отрицательных обратных связей: по вертикальной силе и перемещению.

Измерение силы F может осуществляться самостоятельным датчиком силы, но проще всего реализуется косвенное измерение по давлению p в рабочей полости гидроцилиндра, что и предполагается в схеме на рисунке 3.

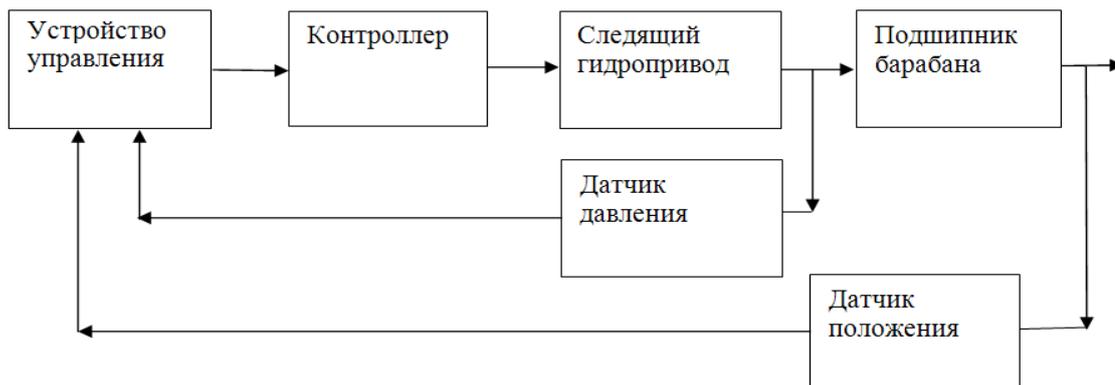


Рис. 3 – Структурная схема комбинированной системы автоматического управления агрегатом-фрезой

Fig. 3 – Block diagram of the combined automatic control system unit-cutter

Предполагается, что во время работы агрегата-фрезы оператор может вводить коррекции, как в компьютерное устройство управления, так и в контроллер. Измерение вертикальных координат может осуществляться с помощью контактных или бесконтактных датчиков измерительного преобразователя, устанавливаемых на подвижном основании, конкретно – на подвижной раме с барабаном.

По отношению к технологической зоне фрезерования ролики могут быть вынесены на определенные расстояния, во-первых, вперед (по направлению движения) или назад, а во-вторых, в стороны.

Различные варианты расположения роликов, как элементов датчиков показаны на рисунке 4. Направление движения агрегата-фрезы показано стрелкой.

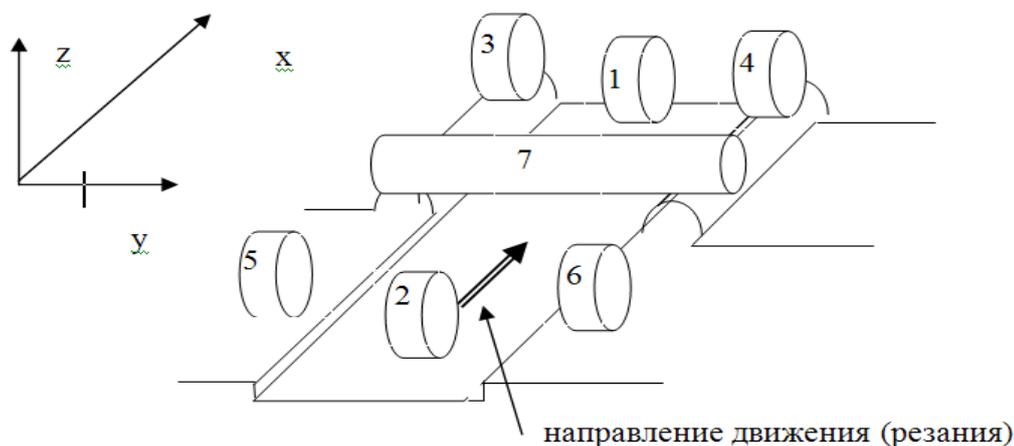


Рис. 4 – Варианты возможного расположения роликов датчиков относительного положения участков поверхности (1-7 – номера датчиков)

Fig. 4 – Variants of possible arrangement of rollers of sensors of relative position of sites of a surface (1-7-numbers of sensors)

По сигналам соответствующих датчиков и по разностям сигналов может быть получена информация о высотах различных зон, как до фрезерования, так и после него.

Имея в виду, что вертикальные координаты осей датчиков обозначаются как z_i с номерами, соответствующими рисунку 4, установим, какой смысл имеет

информация, непосредственно получаемая от различных датчиков.

Датчики с роликами 1, 3, 4 и 7 находятся перед инструментом-фрезой и дают информацию о профиле до фрезерования, а датчики с роликами 2, 5, 6 – после фрезерования.

Координата z_1 определяет положение дна желоба колеи до фрезерования, z_2 – после фрезерования; их разность $\Delta_{12} = (z_1 - z_2)$ определяет углубление желоба, что является побочным отрицательным эффектом, выравнивание дна желоба колеи целесообразно, но углубление колеи не требуется, оно вредно, на это, кроме того, совершенно напрасно расходует мощность агрегата [4].

Разности $(z_3 - z_1)$ или $(z_4 - z_1)$ определяют требуемую глубину фрезерования (от момента касания), а разности $(z_3 - z_5)$ или $(z_4 - z_6)$ – глубину срезаемых слоев. Вместо двух датчиков с роликами 3 и 4 может быть использован один датчик с длинным роликом 7, ось которого может перемещаться вертикально параллельно самой себе или же конструкцией его подвеса может допускаться качание вокруг продольной оси.

Изображение комплекса датчиков в виде измерительного преобразователя характеризует возможности измерений, но наличие полного их комплекта не является обязательным. Конструктивно проще всего положение роликов в плане может задаваться фиксированным, однако можно предполагать, что целесообразно предусмотреть раздвижение датчиков с роликами 3 и 4, 5 и 6 в зависимости от ширины колеи.

При комбинированном управлении в простейшем случае управляющий сигнал u для следящего привода должен формироваться по сигналам одного или нескольких датчиков высот z_i .

Данный измерительный преобразователь, имеющий в своем составе

вычислитель, выполняет следующие функции обеспечения технологического процесса фрезерования колеи и ее выпоров:

- текущее сглаживание каждого из входных сигналов с целями уменьшения влияния случайных помех, обусловленных в основном неровностями дорожек;

- ограничения больших приращений сигналов на малых интервалах времени для исключения импульсных помех или выбросов высоких уровней, обусловленных попаданием на пути мелких камней, осколков асфальтобетонного покрытия и пр.;

- отключение тех датчиков, которые предположительно вышли из строя и выдают недостоверные данные с целями повышения функциональной надежности;

- формирование по совокупности перечисленных требований одного сигнала, который вводится, как управляющий для следящего привода вертикальных перемещений подшипников инструмента-фрезы;

- выработка сигналов превышения норм отклонения показателей, характеризующих отклонения показателей от нормативных;

- возможность вмешательства и ручной коррекции при проверке допустимости этого вмешательства;

- аварийное отключение при превышении предельно допустимых состояний.

Обычно выполнение всех перечисленных функций осуществляется в цифровой форме в специализированных управляющих компьютерах по отдельности с помощью различных программных модулей.

Это формирование обычно и проще всего формируется, как линейная комбинация скользящих сглаженных (осредненных) выходных сигналов датчиков перемещения и давления в виде: [2]

$$u(t) = k_h[-z_{\text{прогр}}(t)] + k_p[p(t) - p_0] \quad (1)$$

где $z_{прогр}$ - программные значения по высоте;
 $p(t)$, p_0 – давление; k_h и k – коэффициенты.

Программные значения $z_{прогр}$ по высоте и p_0 по давлению подбираются оператором в соответствии с опытом эксплуатации или на пробном участке. Коэффициенты k_h и k_p ограничиваются, они должны обеспечивать требуемые запасы устойчивости замкнутой системы;

повышение качества требует увеличения этих коэффициентов по отдельности или вместе. При $k_p = 0$ автоматическое управление является координатным.

В дальнейшем могут быть проработаны возможности адаптивного управления, при котором коэффициенты k_h и k_p будут подстраиваться под изменяющиеся условия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. В. Кочетков, Л. В. Янковский, Г. Н. Волков. Методы определения обобщённых технологических координат при использовании дорожных машин с лазерными сканерами // Строительные и дорожные машины. 2012. № 11. - С. 51-53.
- [2] А. В. Кочетков, Л. В. Янковский, Г. Н. Волков. Методы определения обобщённых технологических координат при использовании дорожных машин с лазерными сканерами // Строительные и дорожные машины. 2012. № 12. (продолжение).
- [3] Проспект фирмы ROADware (Нидерланды-ФРГ). 2009.
- [4] В. Е. Боровских. Современные методы диагностики ровности автомобильных дорог / Пути решения современных проблем по диагностике, паспортизации автомобильных дорог и искусственных сооружений на основе создания и использования автоматизированных банков данных // Сб. трудов Всероссийской отраслевой научно-практической конференции. - Саратов, 2003. - С. 16-18.

REFERENCES

- [1] A. V. Kochetkov, L. V. Jankovskij, G. N. Volkov. *Metody opredelenija obobshhjonnyh tehnologicheskikh koordinat pri ispol'zovanii dorozhnyh mashin s lazernymi skanerami* [in Russian: Methods of determination of generalized technological coordinates when using road machines with laser scanners] // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2012. № 11. - S. 51-53.
- [2] Kochetkov, L. V. Jankovskij, G. N. Volkov. *Metody opredelenija obobshhjonnyh tehnologicheskikh koordinat pri ispol'zovanii dorozhnyh mashin s lazernymi skanerami* [in Russian: Methods of determination of generalized technological coordinates when using road machines with laser scanners] // A. V. // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2012. № 12. (prodolzhenie).
- [3] Prospekt firmy ROADware (Niderlandy-FRG). 2009.
- [4] V. E. Borovskih. *Sovremennye metody diagnostiki rovnosti avtomobil'nyh dorog / Puti reshenija sovremennyh problem po diagnostike, pasportizacii avtomobil'nyh dorog i iskusstvennyh sooruzhenij na osnove sozdaniya i ispol'zovanija avtomatizirovannyh bankov dannyh* [in Russian: Ways of solving modern problems of diagnostics, certification of roads and artificial structures based on the creation and use of automated data banks] // Sb. trudov Vserossijskoj otraslevoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Saratov, 2003. - S. 16-18.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ КОЛЕИ

Кульгильдинов Мурат Сапарбекович – д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, mursap@mail.ru

Камзанов Нурбол Садыканович – докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, n.kamzanov@mail.ru

Бегимкулова Элимира Алимбековна – докторант, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, eb_199292@mail.ru

ЖОЛТАБАНДЫ ФРЕЗЕРЛЕУДІ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ МЕН АЛГОРИТМДЕРІН ЖЕТІЛДІРУ ЖОЛДАРЫ

Кульгильдинов Мурат Сапарбекович – т.ғ.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы, Қазақстан, mursap@mail.ru

Камзанов Нурбол Садыканович – докторант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы, Қазақстан, n.kamzanov@mail.ru

Бегимкулова Элимира Алимбековна – докторант, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы, Қазақстан, eb_199292@mail.ru

Аннотация. Жол жабынындағы жолтабан шығырларының бойлық білікшелерінің көмегімен фрезерлеу кезінде h тереңдігінің ұлғаюымен F күші фрезерлеу тереңдігінің ұлғаю шамасына қарай кесу жолағы кенеюінің салдарынан жылдам өсуде, бұл ретте ең тік көтерілу учаскесі төбелер аймағынан тыс жол жабынының бетінің негізгі деңгейіне жақындауға тура келеді. Сондықтан іс жүзінде жиі тұрақты айналу жылдамдығы кезінде фреза-аспапты төмен қысу тік күштің автоматты тұрақтандыру әдісі қолданылады. Жұмыс қуысындағы қысымның немесе қысымның ұзақ уақыт аралығында салынған қондырғыларды таңдау оператор арқылы жүзеге асырылады. Алайда, тәжірибеде көрсеткендей, тік күштердің тұрақтануы, тіпті олардың дұрыс таңдалған орташа мәндерінде де шығарулардың қалдық білікшелерінің үлкен биіктігіне әкеп соқтыруы немесе жол берілмейтіндей үлкен тереңдікке әкеп соқтыруы мүмкін. Бұл ретте автоматты жүйеде фреза барабанының подшипниктерін баптау деңгейінің қолмен берілетін түзеткіш айнымалы өрістері кезінде кері байланысы бар басқару (күштік тұйықталу бойынша) қолданылды. Тік күштің тұрақтандыруымен күштік фрезерлеу нәтижесінде өңделген (фрезерленген) бет науа түрінде тереңдетілген және сонымен қатар тегіс емес болып табылатыны анықталды. Кедір-бұдырлығы ең алдымен фрезерлеу кезінде жолтабан шығырының білікшелерінің ауыспалы биіктігінен туындаған күш деформациясының пайда болуымен түсіндіріледі. Қазіргі АДФ фрез-құралдарының барабандары мойынтіректерінің қозғалу жетектері мен атқарушы механизмдерінің жинақтарына талдау жүргізіліп, АДКФ жұмыс органдарының өзара орналасуының өзгеруін анықтайтын басым факторлар анықталды.

Түйінді сөздер: фрезерлеу, технологияларды және алгоритмдерді жетілдіру, автоматтандырылған басқару жүйесі, колея.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 215-227

MODELING OF THE CONGESTION TRAFFIC AT THE INTERSECTIONS

Jumajan Janbirov, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; janbirov_jg@mail.ru

Laura Bekmagambetova, Senior Lecturer, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; baiganmedina@mail.ru

Gaziza Zhumatayeva, Teaching assistant, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan; gaziza_zhumataeva@mail.ru

Abstract. Using the simulation method to determine the reliability of urban traffic flow as a complex-controlled technical system consisting of several main and indirect factors, each of which is distributed according to different probabilistic laws. At the same time, it is necessary to distinguish a number of cases: the main one, when the traffic flow is idle in congestion; the second, when due to various factors the speed of traffic flow is underestimated and the capacity of streets is reduced. It is necessary to observe the interval and ensure road safety, which is determined by the length of the stopping distance of each brand and type of car. Intersections of roads and street intersections reduce the amount of capacity due to the occurrence of vehicle delays associated with the passage of vehicles in the conflicting direction. For city streets, the effect of intersections on capacity is taken into account by introducing reduction factors. The capacity of unregulated intersections depends on many factors, but it is impossible to formulate a specific pattern, given these factors. The capacity of the section or intersection in question is calculated as the probability of the system working order, the density of traffic flow and the intensity of congestion. An algorithm for solving the problem in the form of an operator block diagram is presented and a histogram of the distribution of the failure rate of a complex technical system and its leveling theoretical curve is constructed.

Key words: traffic flows, road safety, simulation, capacity of the street intersection, traffic intensity, traffic density, functioning of a complex technical system, reliability and durability of the system.

ӘОЖ 681:656.11

Ж.Г. Жанбыров¹, Л.К. Бекмагамбетова¹, Г.Е. Жуматаева¹

¹ М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан

КӨШЕ ҚИЫЛЫСТАРЫНДА КӨЛІК АҒЫНЫНЫҢ КЕПТЕЛІСІНІҢ ПАЙДА БОЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Имитациялық модельдеу әдісін пайдаланып бірнеше негізгі және жанама факторлардан тұратын, әр қайсысы әр түрлі ықтималды заңдармен таратылған, күрделі басқарылатын техникалық жүйе ретінде қалалық көлік ағынын қарастырған кезде оның жұмыс істеу сенімділігін анықтау. Сонымен бірге бірнеше жағдайлар қатарын ескеру керек: негізгі, көлік ағынның қозғалысы кептелісте тұруы; екінші, әр түрлі факторлардың себебінен көлік ағынының жылдамдығы төмендеуі және көшенің өткізу қабілеті төмендеуі. Сонымен бірге аралықты сақтау мен жол қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету керек, сол үшін әр түрлі автомобильдердің маркасына байланысты тоқтау жол ұзындығын анықтау керек. Жолдар мен көшелердің қиылыстары автомобильдерді конфликттік бағытқа өткізуіне байланысты автомобильдердің кідірістері пайда болғаннан өткізу қабілетін төмендетеді. Реттелмейтін қиылыстардың өткізу қабілеті көптеген факторларға тәуелді, бірақ осы факторларды ескеріп белгілі бір заңдылықты тұжырымдау мүмкін емес. Қарастырылған көше қиылысы мен телімінде жүйенің қалыпты жағдайының ықтималдылығы арқылы өткізу қабілеті, көлік ағынының тығыздығы және кептелістердің пайда болу қарқындылығы анықталады. Берілген есепті шығару алгоритмі келтірілген және

күрделі техникалық жүйенің істен шығу жиілігінің және оны түзететін теоретикалық қисықтық гистограммасы құралған.

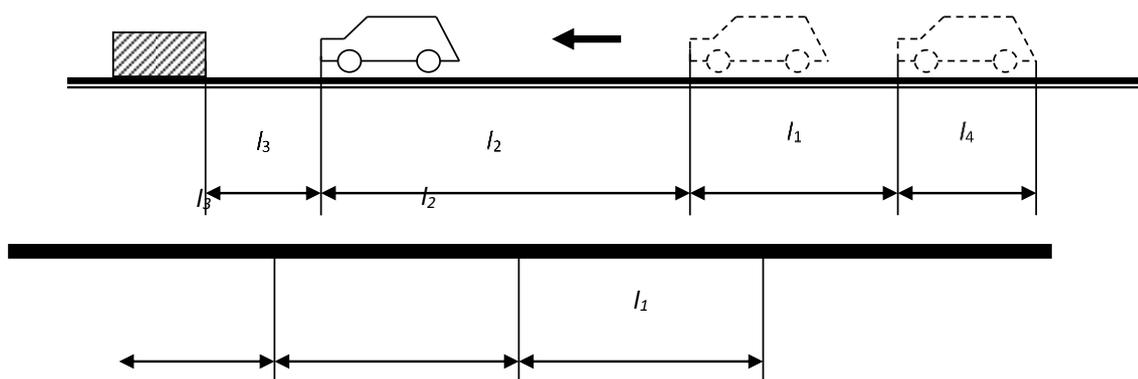
Түйінді сөздер: көлік ағындары, жол қозғалысының негіздері, имитациялық модельдеу, көше қиылысының өткізу қабілеті, қозғалыс қарқындылығы, көлік ағынының тығыздығы, күрделі техникалық жүйенің функционалдауы, жүйенің сенімділігі және беріктігі.

Имитациялық модельдеу әдісі бірнеше негізгі және жанама факторлардан тұратын, әр қайсысы әр түрлі ықтималды заңдармен таратылған, күрделі басқарылатын техникалық жүйе ретінде қалалық көлік ағынды қарастырған кезде оның жұмыс істеу сенімділігін анықтау үшін қолдануы мүмкін.

Сонымен бірге бірнеше жағдайлар қатарын ескеру керек: негізгі, көлік ағынының қозғалысы кептелісте тұруы; екінші, әр түрлі факторлардың себебінен

көлік ағынының жылдамдығы төмендеуі және көшенің өткізу қабілеті төмендеуі. Сонымен бірге аралықты сақтау мен жол қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету керек, сол үшін әр түрлі автомобильдердің маркасына байланысты тоқтау жол ұзындығын анықтау керек.

Тоқтау жолы – бұл автомобильдің жүргізушісі қауіпті анықтаған сәттен бастап толық тоқтағанға дейін жүрген жолы [1].



1-сур. Тоқтау жол ұзындығын анықтау схемасы:

l_1 – жүргізушінің әсер ету уақытында автомобильдің жүрген жолы; l_2 – тоқтау жолы; l_3 – қауіпсіздік аралығы; l_4 – автомобиль ұзындығы.

Fig.1 – Scheme for calculation of the stopping distance:

l_1 – distance covered by a vehicle during the driver’s reaction; l_2 – brake way; l_3 – clearance; l_4 – vehicle length.

Тоқтау жол ұзындығы, $S_{зуп}$ келесі формуламен есептеледі [2]:

$$S_{зуп} = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V \cdot t_z}{3,6} + \frac{K_e \cdot V^2}{254 \cdot (\varphi + f \pm i)} + l_3 \quad (1)$$

мұндағы $S_{зуп}$ – тоқтау жолы, м; l_3 – қауіпсіздік аралығы ($l_3 = 1$ м.)

Тоқтау жолының есептік ұзындығы келесі жағдайларда пайдаланады: қозғалыс жолағында күтпеген жерден әр түрлі кедергі пайда болған кезде, мысал үшін алдыңғы автомобильден жүк түсіп қалса

немесе алдыңғы автомобиль кенеттен айналып немесе төңкеріліп қалса.

Егер автомобильдер бірінен соң бірі келе жатса және алдыңғы автомобиль тиімді тежей бастаса, онда одан кейінгі де тежей бастайды және ол тежеуді жүргізушінің әсер ету уақытына тең уақыт көлеміне кеш бастайды.

Сонда автомобильдер арасындағы қауіпсіз арақашықтық келесі формуламен анықталады:

$$S_{\text{безн}} = l_1 + l_3 = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + l_3 \quad (2)$$

мұндағы t_p – жүргізушінің әсер ету уақыты, с.

Тежеу жолы деп жүргізушінің тежеуіш педаліна басқан сәттен бастап көліктің толық тоқтағанына дейін жүріп өткен жолы. Оны мына формуламен есептейді:

$$S_2 = l_2 = \frac{V \cdot t_2}{3,6} + \frac{K_e \cdot V^2}{254 \cdot (\phi + f \pm i)} \quad (3)$$

мұндағы t_2 – тежегіштің іске қосылу уақыты, сек.; l_2 – автомобильдің тежегіштердің іске қосылғанға дейін жүріп өткен жолы, м.

Көше қиылыстары мен көшенің нақты телімдерін жүріп өтудің орташа уақытын, яғни максималды өткізу қабілетін қамтамасыз етуді анықтау бойынша есептерді шығару тәртібін қарастырайық [3]:

$$T_{cp} = M(T) = \int_0^{\infty} T f(T) dT, \quad (4)$$

Жүйенің іске жарамды ықтималы уақыт функциясы ретінде (зерттелетін көше қиылысы мен телімнің есептік өткізу қабілеті):

$$P_{и} = 1 - \int_0^{\infty} X f(T) dT \int_T^{\infty} f(T) dT \quad (5)$$

тығыздық функциясы немесе кептелістердің пайда болу қарқындылығы:

$$\Lambda(T) = f(T)/P_{и}.$$

Көрсетілген сипаттамаларды есептеу тәртібін қарастырайық. Қала көшесінің нақты телімінің зерттеліп отырған өткізу қабілеті екі қатар қосылған V_1 және V_2 (1-сурет) аралықтардан тұрады деп болжайық.

V_1 – өткізу қабілеті немесе A_1 бағдаршамынан A_2 бағдаршамына дейін нақты көшенің зерттелетін телімінде автомобильдердің сыйымдылығы;

V_2 – өткізу қабілеті немесе A_2 бағдаршамынан келесі A_3 бағдаршамына дейін нақты көшенің зерттелетін телімінде автомобильдердің сыйымдылығы.

Жүйеде қосымша V_3 аралығы бар, ол бірінші екі аралықтардың қалыпты жұмысын қамтамасыз етеді. Жүйе резервпен жұмыс істейді, яғни V_1 немесе V_2 аралықтарында кептеліс пайда болған жағдайда автомобильдердің кейбір саны оңға немесе солға бұрылып кете алады.

Қала көшесінің, магистральдың немесе жолдың жүру жолағының өткізу қабілеті [4]:

$$P_n = \frac{1000 V}{L_d} \quad (6)$$

мұндағы V – автомобильдердің жүру жылдамдығы, км/сағ.; L_d – автомобильдің динамикалық габариті, м.

Динамикалық габарит тоқтау жолдың есептік ұзындығына көлік құралының ұзындығының қосындысы мен қауіпсіздік аралығын құрайды.

Жолдар мен көшелердің қиылыстары автомобильдерді конфликттік бағытқа өткізуіне байланысты автомобильдердің кідірістері пайда болғаннан өткізу қабілетін төмендетеді. Қала көшелері үшін қиылыстардың өткізу қабілетіне әсері төмендеткіш коэффициенттерді еңгізу арқылы ескеріледі. Осындай жағдайларда өткізу қабілетін төмендеткіш коэффициенті α келесі формуламен анықталады:

$$\alpha = \frac{L}{L + V\Delta + \frac{V^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)} \quad (7)$$

мұндағы L – көше қиылыстарының арасындағы қашықтық, м; V – автомобильдер жылдамдығы, м/с; Δ – автомобильдердің кідірістерінің орташа мөлшері, 3-5 с -тең деп қабылданады; a – жылдамдықты алған кездегі үдеу, есептерде $a=1,3$ м/с қабылданады; b – тежеу кезіндегі кідіріс, есептерде $b=4...5$ м/с² деп қабылданады.

Кідірістің Δ орташа мөлшері кейбір түсініксіздік тудырады, сол себепті

(реттелетін қиылыстарда) жуықтау арқылы келесі өрнекті пайдалануға болады:

$$\alpha' = \frac{L}{L + \frac{V^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right) + \frac{V}{2} \cdot (T_u - t_s)} \quad (8)$$

мұндағы T_u – бағдаршамдық реттеу циклі, с; t_s – бағдаршамның жасыл сигналының ұзақтығы, с; V – ағындағы автомобильдердің жылдамдығы, м/с.

Өткізу мүмкіндігін төмендету коэффициенті есептелген немесе жолақтың өткізу қабілет формуласына еңгізіледі

$$P_n = \alpha \frac{1000 \cdot V}{L} \quad (9)$$

Реттелетін қиылыстарда жолақтың өткізу қабілеті келесі өрнек арқылы анықталады

$$P_{nep} = \frac{3600}{T_u \cdot t_a} \cdot t_s \quad (10)$$

мұндағы t_{en} – бағдаршамның жасыл сигналының есептік ұзақтығы, с; t_a – ағындағы әр автомобильдің жүріп өту уақытының орташа мәні, 2..2,5 с тең деп қабылданады.

Реттелмейтін қиылыстардың өткізу қабілеті көптеген факторларға тәуелді, бірақ осы факторларды ескеріп белгілі бір заңдылықты тұжырымдау мүмкін емес.

Реттелмейтін қиылыс арқылы автомобильдер кезекпен екі (конфликттік) бағыттарда жүріп өтеді. Олардың өту ұзақтығы кездейсоқ, ұйымдастырылмаған түрде болады.

Егер қиылыста солға бұрылуды алып тастасақ өткізу қабілеті:

$$P_1 = 2 \frac{1000 \cdot V}{L_0} \quad (11)$$

мұндағы P_1 – бір бағыттағы екі жолақтардың өткізу қабілеті, авт/сағ.; V – қиылыстан өту жылдамдығы, км/сағ.; L_0 – тура жүретін автомобильдердің динамикалық габариті, м.

Конфликттік бағытта солға бұрылыстарды алып тастағанда өткізу

қабілеті бірінші бағыттағыдай болады, яғни:

$$P_2 = 2 \frac{1000 \cdot V'}{L'_0} \quad (12)$$

Сонда қиылыстың өткізу қабілеті:

$$P_{nep} = P_1 + P_2 \quad (13)$$

Әр бағыттын өткізу қабілеті солға бұрылатын ағындар болған жағдайда солға бұрылатын автомобильдерді өткізу үшін төмендейді.

Бақылаулар арқылы белгіленген автомобильдердің жүруінің орташа жылдамдығы тік жүріп өтетін (оңға бұрылулар қиылыстардың өткізу қабілетін төмендетпейді, сол себепті олардың жүріп өтуін тіке жүретін сипаттамаларымен қабылдайды) көліктердің жылдамдығынан екі есе төмен.

Жүргізушінің әсер ету уақыты қиылыста 1,5-2 есе нормадан артық және есепте және есептерде $t_p = 1,0$ с тең деп алынады.

Осыған негізделіп, бір бағыттың өткізу қабілетін қиылыста тік және солға бұрылатын автомобильдердің берілген пайыздық қатынасынан есептеуге болады.

Сонда солға бұрылатын ағындары бар қиылыстың өткізу қабілеті келесі түрде анықталады:

$$P_{1n} = 2 \left(n \cdot \frac{1000 \cdot V_1}{L'_0} + m \cdot \frac{1000 \cdot V_2}{L''_0} \right) \quad (14)$$

мұндағы P_{1n} – тік жүретін және солға бұрылулары бар қиылыстың өткізу қабілеті, авт/сағ.; n – тіке жүретін автомобильдердің мөлшері; V_1 – тіке бағыттағы автомобильдердің қозғалыс жылдамдығы, км/сағ.; m – солға жүретін автомобильдердің мөлшері; V_2 – солға жүретін автомобильдердің қозғалыс жылдамдығы, км/сағ.; L_0 – тік бағытта жүретін автомобильдердің динамикалық габариті, м; L_0 – солға бұрылатын автомобильдердің динамикалық габариті, м.

Динамикалық габариттер әр жағдайда белгілі өрнек арқылы анықталады:

$$L_0 = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + l_3 + l_4 \quad (15)$$

мұндағы V – жылдамдық, км/сағ.; t_p – жүргізушінің әсер ету уақыты, с; l_3 – қауіпсіздік аралығы, м; l_4 – автомобиль ұзындығы, м.

Тіке бағытта қозғалатын автомобильдер үшін $V = V_1$ деп қабылданады, ал солға бұрылатындар үшін – $V = V_2$.

3 формуласы арқылы ағындағы автомобильдердің тежеу жүйесінің жағдайы бірдей деп алынады.

Жол жолағын, магистральдың немесе көшенің жүктеуінің сандық мәні көлік ағындарының параметрлерінің жүктеу коэффициенті K_3 , жылдамдық коэффициенті K_v , жолдың қозғалыспен жүктелу деңгейі λ сияқты есептік сипаттамалары арқылы анықталады. 3 тақырыптын берілгендері бойынша (қарқындылық, жылдамдық және көлік ағындарының тығыздығы) анықталады:

$$K_3 = \frac{N}{P} \quad (16)$$

$$K_v = \frac{V_z}{V} \quad (17)$$

мұндағы V_z – нақты жылдамдық, км/сағ.; V – бос қозғалыстын жылдамдығы, км/сағ.

$$\lambda = \frac{q_z}{q_{max}} \quad (18)$$

мұндағы q_z – нақты тығыздық, авт/км; q_{max} – ең үлкен тығыздық, авт/км.

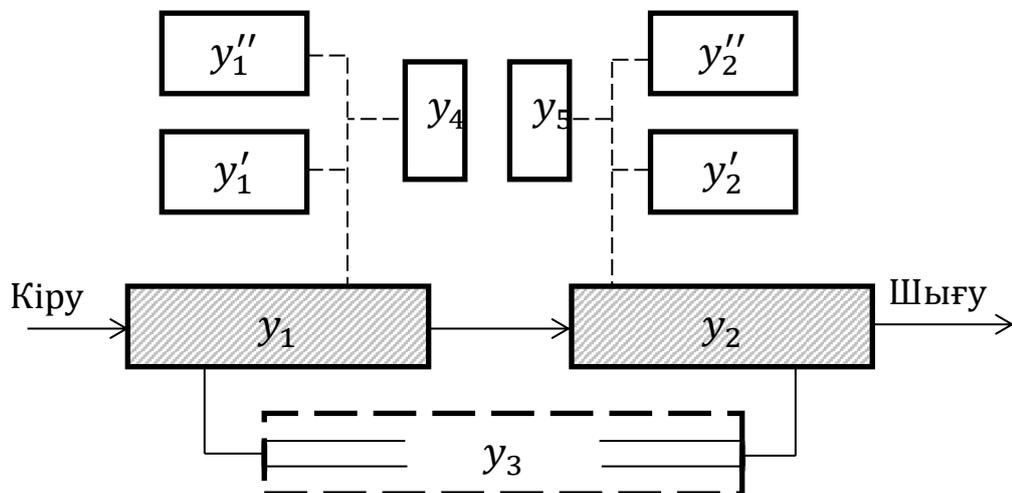
Есептер 4-5 жағдайлар үшін орындалады.

Есептеу нәтижесі бойынша эпюралар құрастырылады, жол телімі бойынша көлік ағындарының жағдайы анықталады. Тиімді шешімдерді таңдау бойынша негіздемелер келтіріледі.

Статистикалық бақылаулар арқылы істен шықпай жұмыс істеу уақыты, яғни автомобильдердің бірінші аралыққа қарай еркін қозғалуы келесі параметрлермен қалыпты заңға сәйкес таратылғаны белгілі болды деп болжайық $M(t_1) = 0,125$ ч и $\sigma(t_1) = 0,0125$ ч.

Барлық көліктердің зерттелетін бағытпен еркін қозғалуын қамтамасыз ететін уақыт, яғни екінші аралықтың істен шықпай жұмыс істеу уақыты келесі параметрлермен $M(t_2) = 0,125$ сағ және $\sigma(t_2) = 0,0125$ сағ Вейбулл заңымен таратылған.

Үшінші аралықтың жұмыс уақыты келесі параметрлермен $M(t_3) = 0,0125$ сағ және $\sigma(t_3) = 0,00125$ сағ логарифмиялық қалыпты заңмен таратылған.



2-сур. Нақты көше қиылыс құрылысының принципті схемасы
 Fig.2 – Principal Diagram of a specific intersection

Көшенің бірінші аралығында Y_4 бағдаршамның жұмыс режиміне байланысты бағыт бойынша кептелістің пайда болу уақыты $M(t_4) = 0,0083$ сағ параметрімен Релей заңымен таратылған.

Көшенің екінші телімінде Y_5 бағдаршамның жұмыс режиміне байланысты бағыт бойынша кептелістің пайда болу уақыты $M(t_5) = 0,001$ сағ параметрімен көрсеткіш заңымен таратылған.

Жүйеде кептелістің алдың алатын барлығы тек екі қосалқы варианттар U_1 және U_2 бар деп болжайық. Қажет: «жүйенің» жұмыс істеуінің сандық

сипаттамаларын анықтау, оның істен шығу жиілігінің разрядтық гистограммасын құрастыру және оны ең жарамды ықтималдылық заңымен аппроксимациялау; «жүйенің» істен шықпай жұмыс істеу жағдайының ықтималдылығының қисығын құрастыру (ресурс қисығы); істен шығу тығыздығының қисығын құрастыру.

Тиімділік критеріі немесе қарастырылған есепте мақсат функциясы «жүйенің» істен шықпай жұмыс істеген орташа уақытын білдіреді және көптеген кез келген айнымалылардың интегралдық функциясы болады:

$$W = T = \int_{\alpha}^{\beta} \varphi z(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, n_1, \mu, \lambda, \nu \dots) dz. \quad (19)$$

W функциясының аналитикалық түрі, яғни қарастырылып отырған құбылыстың математикалық моделі белгісіз. Берілген есепті шығару үшін статистикалық модельдеу әдісін пайдаланып есептің алгоритімін құрастырамыз.

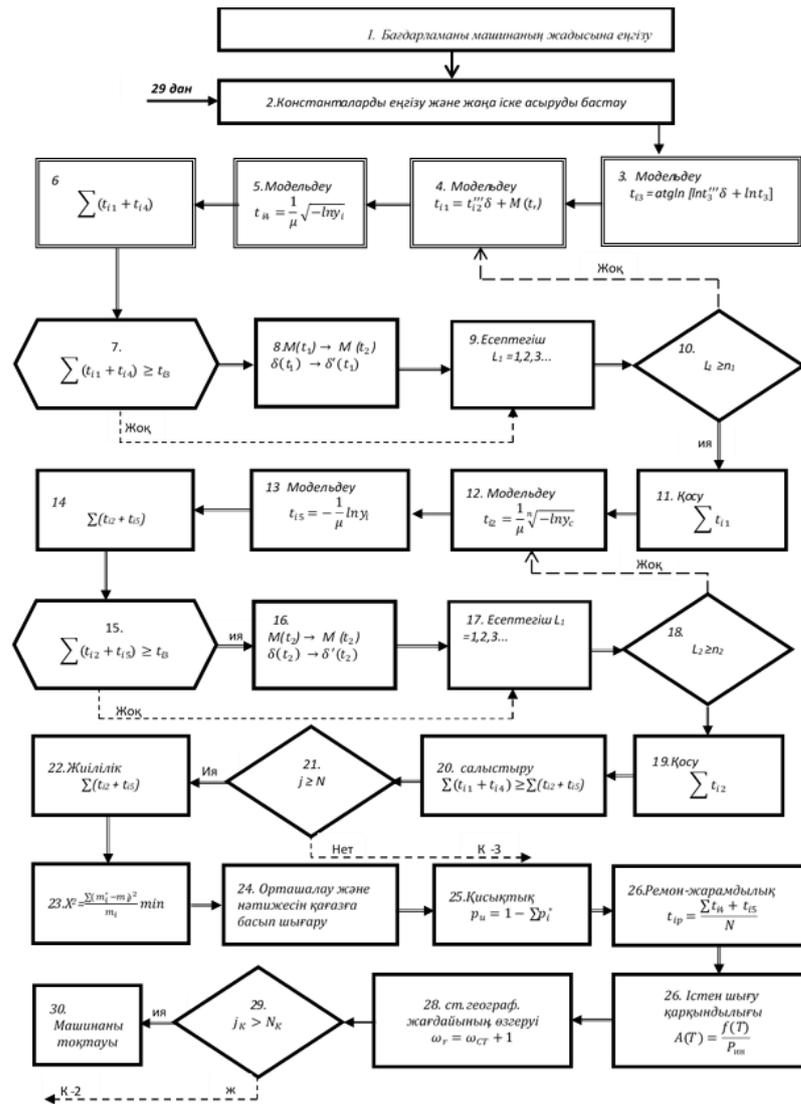
Есепті шығарудың операторлық блок-схемасы

Берілген есепті шығару алгоритмі операторлық блок-схема ретінде көрсетілген. (3-сур.) [7]. Суреттен схема бес модельдеу блоктарынан 3, 4, 5, 12 және 13; кептелісте тұрған автомобильдер санын ескеретін екі есептегіш блоктардан 9 және 17 және бірнеше арифметикалық операторлардан тұратыны көрініп тұр.

Бір іске асыру ретінде «жүйенің» істен шықпай жұмыс істеген жағдайының, яғни көліктік кептеліс пайда болған уақытқа дейінгі кез келген жеке T_i уақытын қабылдаймыз.

Операторлық блок-схема блоктарының жұмысын түсіндіріп өтіп кетейік. 2 блокта бұрмаланған параметрлер сақталады, яғни механизмнің барлық аралықтарын сипаттайтын математикалық күтулер мен дисперсиялар.

3 блокта логарифмиялық қалыпты заңмен тораптың істен шықпай жұмыс істеген уақыты, яғни U_3 көлік ағынның еркін қозғалысы модельденеді.



3-сурет. Көше қиылыстарындағы көлік ағынының кептелістерінің пайда болу сандық сипаттамаларын анықтау бойынша есепті шығарудың операторлық блок-схемасы
 Fig.3 – Operator flow-chart (algorithm) for addressing the problem of determining the numerical characteristics of the functioning of the complex technical system

4 блокта U_i аралықтың бос болған жағдайының уақыты қалыпты заңмен модельденеді. Алгоритмге сәйкес келесі сан алынды деп болжайық:

$$t_{i1} = (t_{i1}) \sim \sigma(t_i) + M(t_i) = 0,015 \text{ ч.}$$

5 блокта кептелістің пайда болу уақыты мен ұзақтығы Релей заңы бойынша модельденеді. Сонымен бірге келесі сан берілді деп:

$$t_{i4} = \frac{1}{\mu} \sqrt{-\ln y_i} = 0,014 \text{ ч.}$$

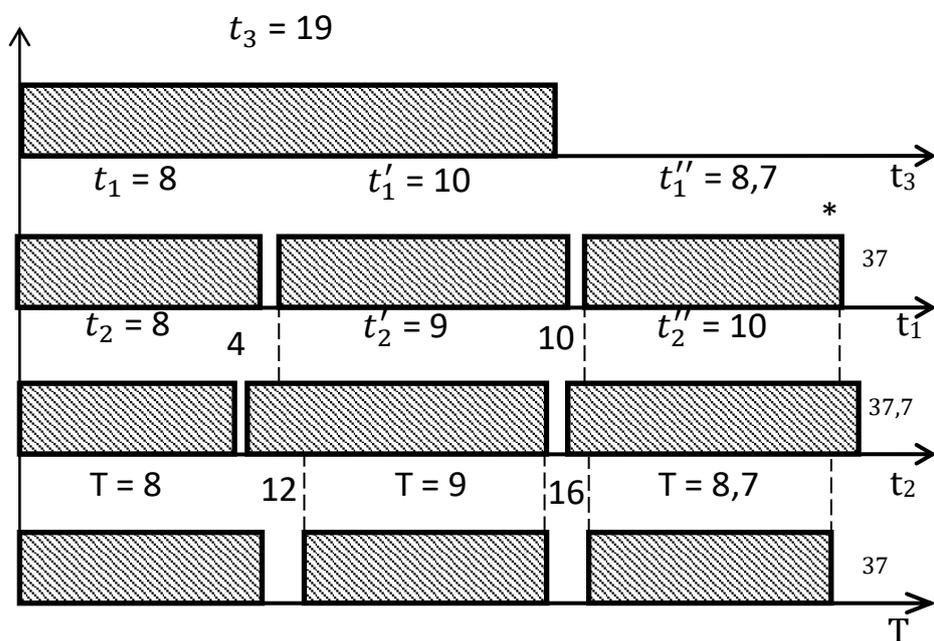
6 блокта бірінші аралықтың істен шықпай жұмыс істеген және оның істен шыққан уақыттарының қосындысы анықталады.

7 блокта салыстыру орындалады немесе $0,015 + 0,014 = 0,029 > 0,017$; «жөк!» деген сигнал беріледі және басқару 3 блокқа беріледі. 4 блокта $t_{i1} = 10$ сағ деген уақыт және 5 блокта $t_{i4} = 6$ сағ деген уақыт берілді деп болжайық. 7 блокта қайтадан уақытты салыстыру орындалады $\sum(t_{i1} + t_{i4}) \geq t_{i3}$ немесе $5 + 8 + 10 + 6 = 29 > 19$. «Ия» деген сигнал болады және басқару 8 блокқа беріледі, мұнда U_i аралықтың жұмыс сипаттамалары

өзгертіледі және енді ол нашар сипаттамалармен жұмыс жасайды. 4 блокта үшінші рет $t_{ii} = 8,7$ сағ уақыты берілді деп болжайық. Сондықтан бірінші іске асыру үшін бірінші аралықтың жұмыс уақыты орындалған екі ауыстыруды ескере: $T_i = 5 + 8 + 10 + 6 + 8,7 = 37,7$ сағ құрайды.

9 блокта штатты және штаттан тыс жағдайларды есептегіш орнатылады. 10 блокта бірінші аралықтың барлық мүмкіншіліктері пайдаланды ма деген шарт тексеріледі. Бірінші аралықтың

блоктарына ұқсас 10, 13, 14 – 19 блоктары жұмыс жасайды (4 сурет). Сонымен бірге 20 блокта негізгі аралықтардың арасында бірінші аралықтың істен шықпай жұмыс істеген уақыты ең минималды деп анықталды $19 < 37,7$. 3-суретте осы жерде жұлдызша қойылған. Сондықтан бірінші іске асыру үшін T_i жүйесінің істен шықпай жұмыс істеген уақыты 286 сағатқа тең. Осыған ұқсас келесі іске асырулар орындалады.



4-сур. Көше қиылыстарындағы көлік ағынының кептелістерін болдырмауының принципалық схема

Fig. 4 – Principal Diagram of one implementation of the complex technical system

Модельдеу нәтижесің өңдеу

Қажетті нақтылыққа байланысты іске асыру сандары 100 нан 1000 дейін айналым. Қарастырылған есеп үшін 1000 айналым берілді деп болжайық.

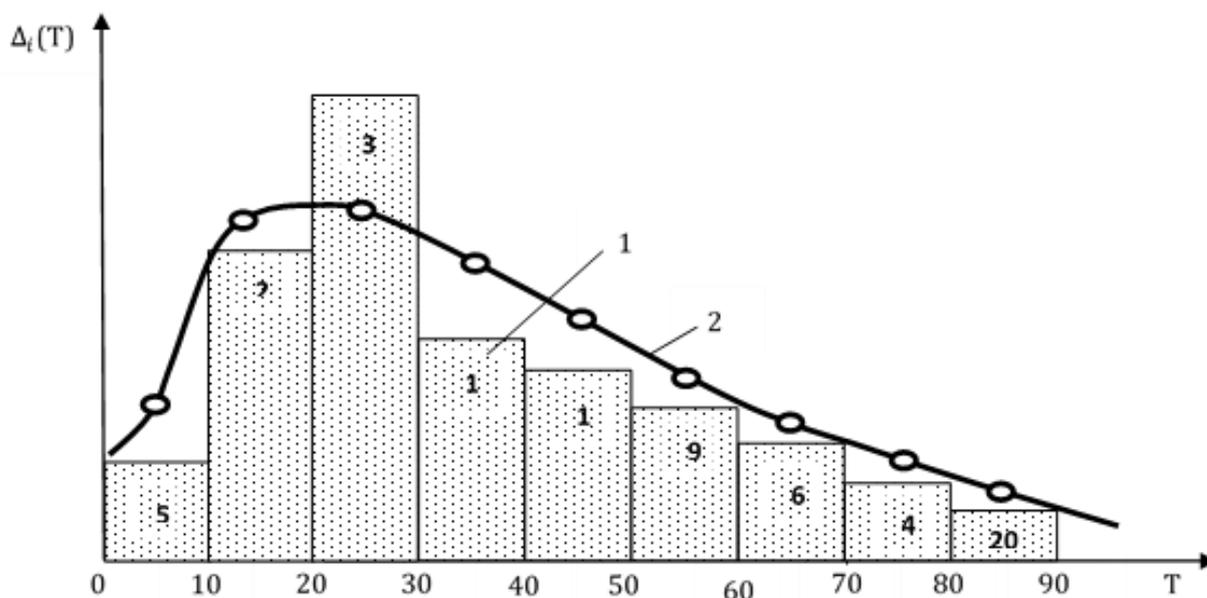
20 блокта разрядтар бойынша жүйенің істен шыққан (m_i) жиілігі

белгіленеді. Сол үшін жүйенің қалыпты жұмыс жағдайының уақыт диапазоны бірнеше разрядтарға бөлінеді, мысалы, әр 100 сағат сайын алынған. Түсініктеме ретінде қарастырылған есеп үшін 20 блокта $N = 1000$ іске асыру үшін келесі жүйенің істен шығу жиілігі алынды деп болжайық:

0 ден 100 сағ дейінгі разряд үшін	50 жағдай
» » » 100 » 200 »	200
» » » 200 » 300 »	310
» » » 300 » 400 »	130
» » » 400 » 500 »	100
» » » 500 » 600 »	90
» » » 600 » 700 »	60
» » » 700 » 800 »	40
» » » 800 » 900 »	20

Барлығы

1000 жағдай



5-сур. Көше қиылыстарындағы көлік ағынының кептелістерін пайда болу жиілігін үлестіру гисторгаммасы 1 және оны түзететін теоретикалық қисықтық

Fig.5 – Histogram of distribution of the failure frequency of the complex technical system 1 and theoretical curve 2 aligning it

21 блокта берілген іске асыру сандардың орындалғанын тексеріледі. 22 блокта 20 блокта алынған мәліметтер бойынша гисторгамма құрылады (5-сурет).

Гисторгамма ең жарамды ықтималдылық заңымен, Вейбулл және тағы сол сияқты басқа заңдармен аппроксималданады. Пирсонның хи-квадрат келісім критеріі ең кіші мән болған заң ең жарамды болады (23 блок) [8]

$$\lambda^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i^* - m_i)^2}{m_i} \quad (20)$$

мұндағы m_i^* - разрядқа түсудің тәжірибелік жиіліктері; m_i - разрядқа түсудің теориялық жиіліктері.

Алынған гипотезаның шынайылығын Колмогоров А.Н., Романовский В.И. және т.б. келісім критеріі арқылы тексеруге болады.

Тәжірибелік гисторгамманы теңестіретін ықтималдылық заңы әдетте құбылыстың әр түрлі мәнімен келіседі. Мысалы: болжамдалған кептелістердің пайда болуында гисторгамма қалыпты заңмен жақсы теңеледі; штаттан тыс жағдайлармен байланысты (ЖКО және т.б.) кенеттен істен шығу кезінде гисторгамма көрсеткіш заңымен жақсы келіседі; көшеде көлік ағындарымен штаттан тыс жағдай пайда болған кезде гисторгамма Вейбулл заңымен жақсы келіседі.

24 блокта жүйенің қалыпты жағдай заңының сандық сипаттамалары есептеледі. Бұл математикалық күту (істен шығуға тең уақыт), дисперсия, ассиметрия және эксцесс.

25 блокта математикалық статистика ережесіне сәйкес жүйенің істен шығу

ықтималдылықтың қисығы құралады және оған қарсы клетін жүйенің қалыпты жағдайының қисығы сызылады (ресурстар немесе сенімділік қисығы). Қалыпты заң үшін сенімділік қисығы келесі формуламен есептеледі [9]

$$W(T) = 1 - \frac{1}{\delta(T)\sqrt{2\pi}} \int_{\infty}^{\beta} e^{-\frac{(T_i - \bar{T})^2}{2\delta^2}} dT = 1 - \Phi\left(\frac{(T_i - \bar{T})}{\delta(T)}\right) \quad (21)$$

Ал Вейбулл заңы үшін сенімділік қимығы келесі формуламен есептеледі

$$W(T) = 1 - \int_{\infty}^{\beta} \pi \mu^n T^{n-1} e^{-\mu^n T^n} dT = e^{-\left(\frac{T}{a}\right)^n} \quad (22)$$

Мұнда $a = 1/\mu$

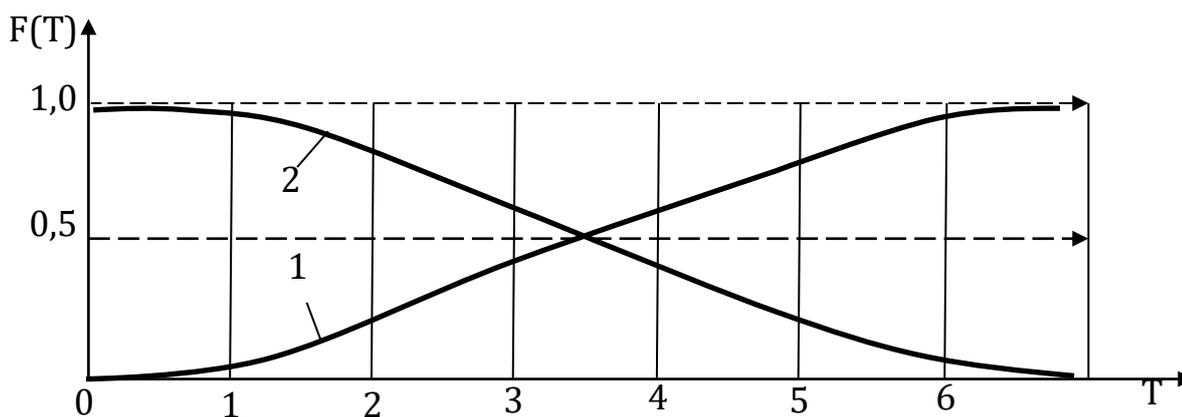
Жүйенің істен шығу ықтималдылықтарының қисығының графигі және жүйенің қалыпты жұмыс жағдайының қисықтығы (ресурстар қисықтығы) 6-суретте көрсетілген.

26 блокта құрылғылардың істен шыққан аралықтарды ауыстыруына жұмсайтын уақыттың орташа

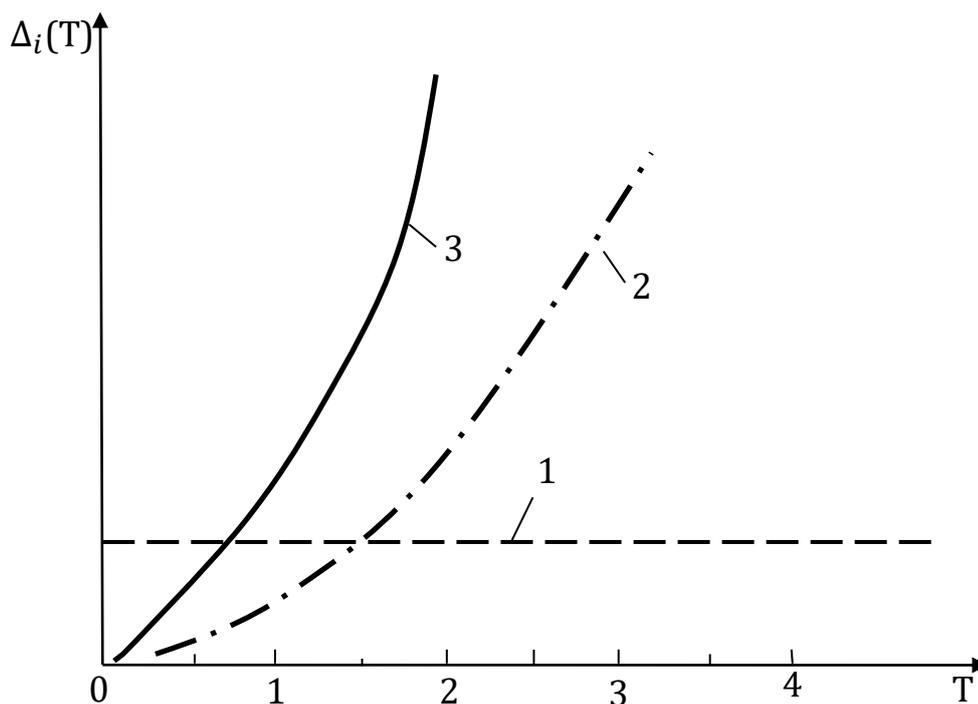
арифметикалық уақытына тең жүйенің басқарымдылығы анықталады:

$$t_{ip} = \frac{\sum_{i=1}^k (t_{i4} + t_{i5})}{N} \quad (23)$$

Осы уақыт мөлшеріне байланысты жүйенің жөндеуге жарамдылығы туралы мәселесі шешіледі.



6-сурет. Көше қиылыстарындағы көлік ағынының кептелістерін пайда болуының ықтималдылық графигі 1 және қалыпты жұмыс жағдайының ықтималдылық графигі 2.
 Fig.6- System failure probability curve 1 and working condition probability 2



7-сурет. Көше қиылыстарындағы көлік ағынының кептелістерінің пайда болу тығыздық функциясының графигі:

1-көрсеткіш заң үшін; 2- Вейбулл заңы үшін; 3-қалыпты заң үшін

Fig.7- System failure density function chart:

1- for exponential law; 2-for Weibull law; 3-for normal law

27 блокта жүйенің істен шығу қарқындылығы мен тығыздығы есептеледі, яғни бір жүйеге келетін бір уақыт бірлігіндегі істен шығу орта саны (7-сурет).

$$\Lambda_i(T) = \frac{f(T)}{P_u} \quad (24)$$

Көрсетілген сипаттама теоретикалық қисықтық негізінде есептеледі, ол арқылы тәжірибелі гистограмманы аппроксимациялау жасалған. (4-сур. кар.).

Қорытынды. Осы түрде, имитациялық модельдеу әдістерінің бірін қолданып (Монте-Карло әдісі), қала көлік ағындарын басқару және ұйымдастыру сенімділігін зерттеген кезде жүйенің беріктілігі мен сенімділік сипаттамалары жеңіл есептеледі, олар өзімен қарастырған құбылыстың математикалық моделін құрайды, нақты айтқанда: істен шығу уақыты, сенімділік немесе ресурстар қисығы: жүйенің істен шығу қарқындылық функциясы; жөндеуге жарамдылығы және т.б. Әр көрсетілген сипаттама үшін кез келген компоненті есептелуі мүмкін. Аналогиялық түрде осыған ұқсас есептер шешіледі.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения - М.: Транспорт, 1991. - 183с.
- [2] Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения - М.: Транспорт, 1982. - 240с.
- [3] Лукинский, В.С. Логистика автомобильного транспорта: Концепции, методы, модели / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная, И.А. Цвиринько. - М.: Гардарики. 2004г. 277стр.
- [4] Воронков,С.А. Моделирование движения транспортной единицы городского пассажирского транспорта на магистрали / С.А. Воронков, Т.М. Воробьева. - Владивосток: ВПИ, 1974. - 214 с.
- [5] Руководство по проектированию городских улиц и дорог. - М. Стройиздат, 1980. - 120с.
- [6] Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения, М.: Транспорт, 1997. -301с.

- [7] Завадский Ю.В. Моделирование случайных процессов. - М., МАДИ. 1974.-100с
[8] Миротин, Л.Б. Системный анализ в логистике: Учебник /Л.Б. Миротин, Ы.Е. Ташбаев. - М.: Изд. "Экзамен", 2002. -243 с.
[9] Модели и методы теории логистики: Учебное пособие / Под ред. В.С. Лукинского. - СПб.: Питер, 2003. - 278 с.

REFERENCES

- [1] V. I. Konoplyanko. *Organizaciya i bezopasnost dorozhnogo dvizheniya*. [in Russian: Organization and safety of the road traffic]. Moscow ,Transport, 1991 – p. 183
[2] G. I. Klinkovstein. *Organizaciya dorozhnogo dvizheniya*. [in Russian: Road traffic organization]. Moscow,Transport, 1982 – p. 240.
[3] V. S. Lukinsky. *Logistika avtomobilnogo transporta* [in Russian: Road transport logistics: Concepts, Methods, Models]. V. S. Lukinsky, V.I. Berezhnoy, E.V. Berezhnaya, I.A. Zvirinko. Moscow,Gardariki. 2004. p. 277
[4] S. A. Voronkov. *Modelirovanie dvizheniya transportnoi edinicy gorodskogo passajirskogo transporta na magistrali* [in Russian: Modeling the movement of transport unit of urban passenger transport on highways]. S.A. Voronkov, T. M. Vorobyeva - Vladivostok: VPI, 1974 – p. 214
[5] *Rukovodstvo po proektirovaniyu gorodskih ulic i dorog* [in Russian: Guidelines for the design of urban streets and roads]. Moscow, Stroyizdat, 1980 – p. 120
[6] V.V. Silyanov. *Teoriya transportnyh potokov v proektirovanii dorog I organizacii dvizheniya* [in Russian: Theory of traffic flows during road design and traffic management]. Moscow,Transport, 1997 – p. 301
[7] Yu. V. Zavadsky. *Modelirovanie sluchainykh processov* [in Russian: Modeling of random processes]. Moscow, MADИ, 1974 – p. 100
[8] L.B Mirotin. *Sistemnyi analiz v logistike: Uchebnik* [in Russian: System analysis in logistics: Textbook]. L. B. Mirotin, Y.E. Tashbayev – Moscow, Examen Publishing House, 2002 – p. 243
[9] *Modeli i metody teorii logistiki: Uchebnoe posobie* [in Russian: Models and methods of the logistics theory: Textbook]. edited by V.C. Lukinsky. - St. Petersburg: Piter, 2003 – p. 278

КӨШЕ ҚИЫЛЫСТАРЫНДА КӨЛІК АҒЫНЫНЫҢ КЕПТЕЛІСІНІҢ ПАЙДА БОЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ

Жумажан Жанбирова, т.ғ.д., профессор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ Көлік және Коммуникациялар Академиясы, Алматы, Қазақстан; janbirov_jg@mail.ru

Лаура Бекмагамбетова, сениор-лектор, М.Тынышбаев атындағы Қазақ Көлік және Коммуникациялар Академиясы, Алматы, Қазақстан; baiganmedina@mail.ru

Газиза Жуматаева, ассистент оқытушы, М.Тынышбаев атындағы Қазақ Көлік және Коммуникациялар Академиясы, Алматы, Қазақстан; gaziza_zhumataeva@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЯВЛЕНИЯ ЗАТОРОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ПЕРЕКРЕСТКАХ УЛИЦЫ

Жумажан Жанбирова, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; janbirov_jg@mail.ru

Лаура Бекмагамбетова, сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; baiganmedina@mail.ru

Газиза Жуматаева, ассистент преподаватель, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан; gaziza_zhumataeva@mail.ru

Аннотация. Использование метода имитационного моделирования для определения надежности функционирования городского транспортного потока, как сложно-управляемой технической системы, состоящих из нескольких основных и косвенных факторов, каждое из которых распределено по различным вероятностным законам. При этом надо различать ряд случаев: основной, когда движение транспортного потока простаивает в заторах; второй, когда по вине различных факторов занижены скорость транспортного потока и уменьшена пропускная способность улиц. При этом необходимо соблюдение интервала и обеспечить безопасность дорожного движения, для чего определяется длина остановочного пути каждой марки и типа автомобиля. Пересечения дорог и перекрестков улиц уменьшают величину пропускной

способности вследствие возникновения задержек автомобилей, связанных с пропуском автомобилей по конфликтующему направлению. Для городских улиц влияние перекрестков на пропускную способность учитывается введением понижающих коэффициентов. Пропускная способность нерегулируемых перекрестков зависит от многих факторов, но невозможно сформулировать определенную закономерность, учитывая эти факторы. Рассчитывается пропускная способность рассматриваемого участка или перекрестка как вероятность исправного состояния системы, плотность транспортного потока и интенсивность появления заторов. Представлен алгоритм решения поставленной задачи в виде операторной блок-схемы и построена гистограмма распределения частоты выхода сложной технической системы из строя и выравнивающей ее теоретической кривой.

Ключевые слова: транспортные потоки, безопасность дорожного движения, имитационное моделирование, пропускная способность перекрестка улицы, интенсивность движения, плотность транспортного потока, функционирование сложной технической системы, надежность и долговечность системы.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 227-235

CRITERIAL FUNCTION OF OPTIMIZATION OF THE STAGE OF DEVELOPMENT OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SINGLE-LINE LINES

Abzalieva Tursincul, Cand.SC.(Tech), associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, btaa63@bk.ru

Aikumbekov Muslim, Cand.SC.(Tech), associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, muslim050182@mail.ru.

Nurzhaubaev Meiram, senior lecturer Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, make1370@mail.ru

Saule Bekzhanova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; s.bekzhanova@bk.ru

Abstract. From the very beginning of the emergence and further large-scale distribution of railway transport, the task arose of developing ways of organizing operational activities, reducing the time spent by cars and locomotives along the route. In the process of managing the operational work of the railways, the question immediately arose of developing ways to improve train passes, options for designing rational schemes for various types of stations, establishing optimal weight standards for freight trains and useful lengths of pick-up and drop-off tracks. Due to the lack of technical equipment without scientific research, the spontaneous formation of trains of increased mass and length leads to a decrease in the local speed and a drop in the throughput and carrying capacity of the sections due to an increase in the total downtime of the trains.

The criterion function is the sum of the reduced costs associated with organizing joint admission of trains of various weight categories on a specific technical basis. It depends on two parameters: the fraction of trains of various weight categories in the total flow (parameter of the converted train flow) and the modes of organization of train work in sections.

Strengthening the capacity of the limiting single-track hauls in such conditions makes it possible to increase the total throughput as a whole for the entire section. At the same time, it is technologically feasible and often economically feasible to increase the throughput of stretches with high throughput by building primarily solid second tracks on them.

Optimization of technical and technological parameters of railway lines is carried out on the basis of determining the criterion function, which reflects the fundamental relationships of these parameters, as well as the justification of the selected technical support and train technology. The criterion function is the sum of the reduced costs. At the stage of choosing the technology of train work and establishing the appropriate line parameters, the components of the total costs that will vary should be taken into account. All other cost groups (associated with passenger train speeds, allocation of “windows” in the timetable, etc.) that increase the efficiency of the steady flow of trains with increased mass and length at parallel rates can not be considered at the first stage. The same simplification can be used to determine the effect of increasing the carrying capacity of a destination, the value of which is determined by the distance in time

of such capital-intensive measures, such as the construction of additional main routes on the line or its individual sections. At the final stage of development, all cost groups associated with the intensification of train work can be determined, which will clarify the technical and economic efficiency of the solutions, but will not affect the choice of the best option.

Thus, the long-term throughput of the line direction is the result of the complex interaction of sections, technical stations, traction support systems and the maintenance of permanent devices. In the considered example, short-term throughput was realized immediately after the restoration of movement after a break.

Key words: section throughput, train flow optimization, locomotive operation optimization, improved traction service.

УДК 656.2

Т.А. Абзалиева¹, М.Н. Айкумбеков¹, М.М. Нуржаубаев¹, С.Е. Бекжанова¹

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

КРИТЕРИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОПУТНЫХ ЛИНИЙ

Аннотация. Критериальная функция представляет собой сумму приведенных затрат, связанных с организацией совместного пропуска поездов различных весовых категорий на определенной технической основе. Она зависит от двух параметров: долей поездов различных весовых категорий в общем потоке (параметр преобразованного поездопотока) и режимов организации поездной работы на участках.

Ключевые слова: пропускная способность участка, оптимизация поездопотока, оптимизация работы локомотивов, совершенствование тягового обслуживания

В технико-экономических расчетах имеющих исследований принималось, что усиление технического оснащения отдельных перегонов вызывает усиление пропускной способности только данных перегонов. В то же время, например, укладка вторых путей, только на части перегонов вызывает усиление пропускной способности не только данных перегонов, но и всего участка. В тех же исследованиях, при оценке вариантов усиления технического оснащения однопутных линий при большой неидентичности перегонов рекомендовалось усиливать пропускную способность, в первую очередь, лимитирующих перегонов.

О-А-У-В-Д;
О-У-А-В-Д;
О-У-В-Д;

О-А-У-Д;
О-У-Д-Д;
О-У-Д.

Усиление пропускной способности лимитирующих однопутных перегонов в таких условиях позволяет повышать суммарную пропускную способность в

К мероприятиям, увеличивающую пропускную способность однопутных линий относятся: оборудование линии автоблокировкой и электрической сигнализацией стрелок (А); удлинение станционных путей и повышение массы состава (У); строительство двухпутных вставок (В) и строительство сплошного второго пути (Д). Возможные рациональные схемы этапного усиления при существующем техническом оснащении (О) линии с изменением порядка их последовательности сводятся к следующим [1]:

целом для всего участка. В то же время, технологически возможно и часто экономически целесообразно усиление пропускной способности перегонов,

имеющих высокую пропускную способность путем строительства в первую очередь на них сплошных вторых путей.

Оптимизация технико-технологических параметров железнодорожных направлений проводится на основе определения критериальной функции, которая отражает принципиальные связи этих параметров, а также и обоснования выбранного технического обеспечения и технологии поездной работы. Критериальная функция представляет собой сумму приведенных затрат. На стадии выбора технологии поездной работы и установления соответствующих параметров линии следует учитывать составляющие суммарных затрат, которые будут изменяться. Все другие группы затрат (связанные со скоростями движения пассажирских поездов, выделением «окон» в графике движения и т.д.), увеличивающие эффективность устойчивого пропуска потока поездов повышенной массы и длины при параллельных нормах, на первой стадии можно не рассматривать. Это же упрощение можно использовать и при определении эффекта от усиления

провозной способности направления, величина которого определяется отдалением во времени таких капиталоемких мероприятий, как сооружение дополнительных главных путей на линии или отдельных ее участках. На заключительной стадии разработок могут быть определены все группы затрат, связанные с интенсификацией поездной работы, что позволит уточнить технико-экономическую эффективность решений, но при этом не повлияет на выбор оптимального варианта [1, 2].

Основными управляющими параметрами являются доли различных типов грузовых поездов в суммарном потоке (P_ψ , $\psi = 1..n$) и режимы организации поездной работы на направлении (P_i , $i = 1..m$). Оптимальное соотношение этих параметров $P_j^{ПП} = \{P_1^{ПП} \dots P_j^{ПП} \dots P_K^{ПП}\}_i$

будет определять оптимальное техническое обеспечение технологических процессов поездной работы на железнодорожных участках:

$$P^{ПП} = \text{opt} \varphi(P_{\psi 1} P_i) \sim \text{opt} F^{ПП}(P_j^{ПП}; l_{ПП}(P_j^{ПП}); M_{ПП}(P_j^{ПП})), \quad (1)$$

где $l_{ПП}(P_j^{ПП})$ - параметры станции с удлинненными путями;

$l_{ПП}(P_j^{ПП})$ - параметры системы тягового обеспечения.

Критерий состоит из трех основных частей: капитальных вложений в развитие железнодорожной линии A , содержания постоянных устройств \mathcal{E} , перевозочных затрат E . Часть затрат при существующем состоянии линии и при новой технологии поездной работы будет сохраняться, поэтому необходимо рассчитать только те затраты, которые будут непосредственно зависеть от управляющих технико-технологических параметров. Капитальные вложения необходимы только на удлинение приемоотправочных путей на станциях для

соединения, разъединения и обгона блок-поездов: $A_{уд}$. Вторая часть критерия включает затраты на содержание удлинненных путей $\mathcal{E}_{уд}$. К перевозочным затратам будут относиться затраты, связанные с организацией движения поездов всех категорий массы и длины, $E_{лд}$, их остановками на участках $E_{ост}$, простоем поездов, потенциальных для преобразования в одинарные тяжеловесные на путях сортировочной станции под накоплением, $E_{нак}$ и некоторой части одинарных поездов под соединением и разъединением на станциях преобразования $E_{фр}$, работой вывозных локомотивов и локомотивных бригад $E_{выв}$, одиночными пробегами локомотивов и досылками локомотивных бригад, вызываемыми оперативным

планированием эксплуатационной работы, $E_{РЕЗ}$, а также пробежные затраты, связанные с ремонтом локомотивов, и относимые на их пробег, $E_{ПРОБ}$ и затраты на ремонт пути, относимые на тонно-киллометровую работу брутто локомотивов, $E_{РП}$. Затраты, связанные с организацией пропуска поездов повышенной массы и длины, рассчитываются относительно исходного состояния, поэтому необходимо определить экономию затрат от уменьшения локомотивов и бригад из поездного движения $E_{ВЫСВ}$. Сокращение перевозочных затрат от уменьшения числа

перемещаемых поездов правильнее определять непосредственно путем сравнения затрат, рассчитанных в полном объеме, при существующей и новой технологии поездной работы [2].

Затраты, связанные с организацией движения грузовых поездов различных категорий, $E_{ПД}$ зависят от параметров преобразованных потоков. Из-за различия поездов по массе, длине, типу локомотива по секционности, доле в общем потоке и другим характеристикам затраты на перемещение по каждому варианту можно представить в общем виде:

$$E_{ПД} = 365 \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} N_{\alpha\beta}^{ГР} L_{\alpha\beta} \left[\sum_{\psi=1}^n \left(\frac{C_{ПУ\psi}}{v_{УЧ\psi}} + C_{Э\psi}^{Л} R_{Л\psi}^{КМ} \right) P_{\psi} \right] \quad (2)$$

где $N_{\alpha\beta}^{ГР}$ - число одинарных грузовых поездов, преобразуемых в поезда повышенной массы и длины;

ψ - индекс типа грузового поезда;

$C_{ПУ\psi}$ - приведенные затраты, приходящиеся на один поезд-ч простоя ψ -го поезда на участке, тенге;

$v_{УЧ\psi}$ - средняя участковая скорость грузовых поездов ψ -го типа, км/ч;

$C_{Э\psi}^{Л}$ - расходная ставка затрат на 10 МДж механической работы тяги в ψ -м типе поезда, тенге/10МДж;

$R_{Л\psi}^{КМ}$ - механическая работа тяги в среднем на 1 км длины участка для ψ -того типа поезда, 10 МДж/км.

Если размеры движения пассажирских поездов не заданы или сильно изменяются в течение времени, то число остановок поездов будет определяться по выражению:

$$K'_{ОСТ(ОД)}^{КМ} = \frac{60 \left(\frac{1}{\beta_X} - 1 \right)}{v_X \left[\left(\frac{1}{\Delta} - 1 \right) (t_{ГР}^X + \tau_{НП} - I_P) + 2t_{СТ} \right]} \quad (3)$$

где β_X - коэффициент участковой скорости;

$t_{ГР}^X$ - время хода одинарного грузового поезда по ограничивающему перегону, мин;

$\tau_{НП}$ - интервал одновременного попутного прибытия, мин;

I_P - расчетный интервал движения, мин;

$t_{СТ}$ - продолжительность стоянки одинарного поезда с учетом времени на опробование тормозов, торможение и трогание с места, мин.

Преобразование исходного поездопотока в поток поездов повышенной массы и длины в условиях обращения поездов различных весовых категорий связано с определенными издержками из-за дополнительных операций по накоплению тяжеловесных поездов на сортировочных станциях и формированию и

расформированию блок-поездов на станциях преобразования. Затраты на накопление одинарных поездов при обращении поездов повышенной массы и

длины будут возникать только в потоке, потенциальном для преобразования в одинарные тяжеловесные поезда ($\Psi = 3$):

$$E_{НАК} = 365 \sum_{ЧЕТ}^{НЕЧ} C_{\phi\Pi} \left(\frac{Q_{БР\Psi=3} - Q_{БР\Psi=1}}{Q_{БР\Psi=3}} \right) \gamma_H C_{ПЧ\Psi=3} \quad (4)$$

где C - параметр накопления; $Q_{БР\Psi=1}$, $Q_{БР\Psi=3}$ - масса поездов в исходном потоке ($\Psi = 1$) и в потоке тяжеловесных поездов ($\Psi = 3$), т;

γ_H - доля затрат, которую следует отнести на счет рассматриваемого направления относительно всего маршрута следования поездов, включая участки соседних дорог;

$C_{ПЧ\Psi=3}$ - приведенные, затраты, приходящиеся на один поезд-ч простоя поездов, потенциальных для преобразования в тяжеловесные ($\Psi = 3$), тенге/поездо-ч.

Приведенные годовые затраты, связанные с формированием и расформированием блок-поездов на станциях преобразования, без учета расходов на работу вывозных локомотивов можно найти по формуле:

$$E_{\phi P} = 365 \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} \sum_{\Psi=4}^n N_{\alpha\beta}^{ГР} P_{\Psi} \left[\frac{(n_{c\Psi} - 1)1440}{n_{c\Psi} N_{\alpha\beta}^{ГР} \sum_{\Psi=4}^n P_{\Psi}} + \bar{t}_{P\phi\Psi} \right] \frac{C_{ПЧ\Psi}}{60} \quad (5)$$

где $n_{c\Psi}$ - число соединяемых составов в Ψ -м блок-поезде; $\bar{t}_{P\phi\Psi}$ - средняя продолжительность операций по формированию и расформированию Ψ -го блок-поезда, мин.

Приведенные годовые затраты, связанные с преобразованием поездопотока, зависят от числа поездов определенного типа. Высокие затраты на преобразование поездопотока компенсируются соответствующей экономией в поездной работе.

Затраты, связанные с технической основой совместного пропуска поездов различных весовых категорий, будут включать капитальные вложения на удлинение приемоотправочных путей под блок-поезда и расходы на тяговое обеспечение поездной работы. Приведенные годовые затраты, связанные с сооружением и эксплуатацией удлиненных путей на станциях преобразования и промежуточных станциях, для производства смены бригад или локомотивов и технический осмотр вагонов [143], определяются по формуле:

$$E_{СТ}^{ПРИВ} = \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} \frac{(l_{\Psi} - l_{ПОП})L_{\alpha\beta}}{1000} \left(\frac{m^{ПР}}{L_{ПР}} + \frac{m^{ПРОМ}}{L_B} \right) (a_v^{KM} E_H + e_v^{KM}) \quad (6)$$

Накоплению тяжеловесных поездов на сортировочных станциях и формированию и расформированию блок-поездов на станциях преобразования. Затраты на накопление одинарных поездов

при обращении поездов повышенной массы и длины будут возникать только в потоке, потенциальном для преобразования в одинарные тяжеловесные поезда ($\Psi = 3$):

$$E_{НАК} = 365 \sum_{ЧЕТ}^{НЕЧ} C_{\phi\Pi} \left(\frac{Q_{БР\Psi=3} - Q_{БР\Psi=1}}{Q_{БР\Psi=3}} \right) \gamma_H C_{ПЧ\Psi=3} \quad (7)$$

где C - параметр накопления;
 $Q_{БР\Psi=1}$, $Q_{БР\Psi=3}$ - масса поездов в исходном потоке ($\Psi = 1$) и в потоке тяжеловесных поездов ($\Psi = 3$), т;

γ_H - доля затрат, которую следует отнести на счет рассматриваемого направления относительно всего маршрута следования поездов, включая участки соседних дорог;

$C_{ПЧ\Psi=3}$ - приведенные, затраты, приходящиеся на один поезд-ч простоя поездов, потенциальных для преобразования в тяжеловесные ($\Psi = 3$), тенге/поездо-ч.

Приведенные годовые затраты, связанные с формированием и расформированием блок-поездов на станциях преобразования, без учета расходов на работу вывозных локомотивов можно найти по формуле:

$$E_{\phi P} = 365 \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} \sum_{\Psi=4}^n N_{\alpha\beta}^{ГР} P_{\Psi} \left[\frac{(n_{c\Psi} - 1)1440}{n_{c\Psi} N_{\alpha\beta}^{ГР} \sum_{\Psi=4}^n P_{\Psi}} + \bar{t}_{P\phi\Psi} \right] \frac{C_{ПЧ\Psi}}{60} \quad (8)$$

где $n_{c\Psi}$ - число соединяемых составов в Ψ -м блок-поезде; $\bar{t}_{P\phi\Psi}$ - средняя продолжительность операций по формированию и расформированию Ψ -го блок-поезда, мин.

Приведенные годовые затраты, связанные с преобразованием поездопотока, зависят от числа поездов определенного типа. Высокие затраты на преобразование поездопотока компенсируются соответствующей экономией в поездной работе.

Затраты, связанные с технической основой совместного пропуска поездов различных весовых категорий, будут включать капитальные вложения на удлинение приемоотправочных путей под блок-поезда и расходы на тяговое обеспечение поездной работы. Приведенные годовые затраты, связанные с сооружением и эксплуатацией удлиненных путей на станциях преобразования и промежуточных станциях, для производства смены бригад или локомотивов и технический осмотр вагонов [2, 3, 4], определяются по формуле

$$E_{СТ}^{ПРИВ} = \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} \frac{(l_y - l_{ПОП})L_{\alpha\beta}}{1000} \left(\frac{m^{ПР}}{L_{ПР}} + \frac{m_y^{ПРОМ}}{L_B} \right) (a_y^{KM} E_H + e_y^{KM}) \quad (9)$$

где l_y - длина удлиненного пути при обращении блок-поездов, м; $l_{ПОП}$ - длина пути при обращении исходного потока, м; $m^{ПР}$, $m_y^{ПРОМ}$ - число удлиненных путей на станциях преобразования и промежуточных станциях, предназначенных для технического

осмотра и смены бригад и локомотивов; устанавливаются на основе параметров преобразованных потоков;

$L_{ПР}$, L_B - соответственно расстояние между станциями преобразования и вагонное плечо, км;

$L_{\alpha\beta}$ - протяженность участка обращения блок-поездов, км;

E_H - нормативный коэффициент эффективности;

a_y^{KM} , e_y^{KM} - соответственно стоимость удлинения и годовые затраты на содержание 1 км станционных путей со всеми устройствами, тенге/км.

Приведенные годовые затраты, связанные с сооружением и содержанием, зависят от параметров преобразованных потоков через $m^{ПРОМ}$, $m^{ПП}$. Общие расходы на организацию работы локомотивов и локомотивных бригад при совместном обращении поездов различных весовых

категорий будут содержать следующие затраты: на их работу в пунктах преобразования по вывозному принципу и резервное проследование по вариантным участкам; пробежные, связанные с ремонтом локомотивов, относимым на их пробег; на ремонт пути, относимые на тонно-километровую работу брутто локомотивов, а также экономию от высвобождения локомотивов и бригад по сравнению с исходным состоянием. Затраты, связанные с организацией работы локомотивов и бригад по вывозному принципу в пунктах преобразования, находятся по выражениям:

$$E_{ВЫВ} = 365 \sum_{HEЧ}^{ЧЕТ} \sum_{\psi=4}^n \sum_{i=1}^m N_{\alpha\beta i}^{\max} P_{\psi i}^{\max} \left(\frac{C_{GX\psi}}{v_{yч\psi}} + C_{Э\psi}^{Л} R_{Л\psi}^{KM} \right) L_{СПi} \quad (10)$$

$$E_{ВЫВ} = 8760 (C_{Лч} + C_{Бч}) \sum_{i=1}^m M_{ВЫВи} \quad (11)$$

где $C_{Лч}$, $C_{Бч}$ - приведенные затраты соответственно на 1 локомотиво-ч и 1 бригадо-ч, тенге/ч;

$L_{СПi}$ - расстояние между i -й станцией преобразования и узлом, км;

$N_{\alpha\beta i}^{\max}$ - максимальные размеры движения в исходном потоке по i -й станции преобразования в $\alpha\beta$ -м варианте;

$P_{\psi i}^{\max}$ - максимальная доля преобразуемых блок-поездов для i -й станции преобразования;

$M_{ВЫВи}$ - число вывозных локомотивов, обслуживающих i -й пункт преобразования;

i - индекс пункта (станции) преобразования, $i=1...m$.

Расчетные величины затрат по (10) и (11) могут отличаться из-за завышенного парка вывозных локомотивов (11) и учета чистого времени поездной работы без простоев в (10). Затраты, обусловленные холостым пробегом локомотивов и резервным проследованием локомотивных бригад по вариантным участкам, будут равны

$$E_{РЕЗ} = 365 \sum_{HEЧ}^{ЧЕТ} L_{\alpha\beta РЕЗ} \left\{ \sum_{Лк=1}^4 \sum_{\psi=1}^m M_{Лк РЕЗ} \left[\frac{C_{Лч\psi}}{v_x} + 0,1 R_{МЛ\psi}^{KM} C_{Э\psi}^{Л} + \right. \right. \\ \left. \left. + 0,1 R_{СЛ\psi}^{KM} (e_{R\psi}^{СЛ} + e_R^{СП}) + e_{ЛКМ\psi} + e_{ТКМ\psi} P_{Л\psi} \right] + B_{РЕЗ} \frac{C_{БУ}}{v_x} \right\} \text{ тенге,} \quad (12)$$

где $M_{Лк РЕЗ}$, $B_{РЕЗ}$ - суточное число локомотивов $к$ -го типа и локомотивных бригад, вхолостую следующих по участку;

$R_{МЛ\psi}^{KM}$ - механическая работа локомотивов, МДж;

$R_{СЛ\psi}^{KM}$ - механическая работа сил сопротивления локомотива, МДж;

$e_{ЛКМ\psi}$ - расходная ставка на ремонт локомотива, относимый на пробег локомотива, тенге/км;

$e_{ТКМ\psi}$ - расходная ставка на 1 млн.ткм брутто, тенге.

Пробежные затраты, связанные с ремонтом локомотивов, относимым на их пробег, при обращении преобразованного поездопотока, определяется как

$$E_{ПРОБ} = 365 \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} [N_{\alpha\beta}^{ГР} L_{\alpha\beta} \sum_{\psi=1}^n (P_{\psi}^{ПП} P_{Л\psi} e_{ЛКМ\psi})] \quad (12)$$

Затраты на ремонт пути, относимые на тонно-километровую

работу брутто локомотивов, находятся по формуле

$$E_{РП} = 365 \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} [N_{\alpha\beta}^{ГР} L_{\alpha\beta} \sum_{\psi=1}^n (P_{\psi}^{ПП} P_{Л\psi} e_{ТКМ\psi})] \quad (13)$$

Экономия затрат на тяговое обслуживание преобразованного потока по сравнению с исходным состоянием от

высвобождения локомотивов и локомотивных бригад, будет составлять

$$E_{ВЫСВ} = 365 \sum_{НЕЧ}^{ЧЕТ} \sum_{\psi=1}^n L_{\alpha\beta_{РЕЗ}} \left[\frac{1}{v_{УЧ\psi}} (\Delta M^+ C_{ЛЧ\psi} \alpha_{Л} + \Delta B^+ C_{ЛЧ\psi} \alpha_{БР}) + \Delta M^+ (e_{ЛКМ\psi} + e_{ТКМ\psi} P_{Л\psi}) \right] \text{ тенге,} \quad (14)$$

где $v_{УЧ\psi}$ - участковая скорость, км/ч;

ΔM^+ , ΔB^+ - высвобождаемая часть соответственно локомотивного парка и контингента бригад в сутки путем сокращения суточных выдач при обращении поездов повышенной массы и длины;

$\alpha_{Л}$, $\alpha_{БР}$ - коэффициент внепоездной работы соответственно локомотивов и локомотивных бригад [2, 3, 4].

Вывод. Оптимизация технико-технологических параметров железнодорожных направлений проводится на основе определения критериальной функции, которая отражает принципиальные связи этих параметров, а также и обоснования выбранного технического обеспечения и технологии поездной работы. Критериальная функция

представляет собой сумму приведенных затрат. На стадии выбора технологии поездной работы и установления соответствующих параметров линии следует учитывать составляющие суммарных затрат, которые будут изменяться. Все другие группы затрат (связанные со скоростями движения пассажирских поездов, выделением «окон» в графике движения и т.д.), увеличивающие эффективность устойчивого пропуска потока поездов повышенной массы и длины при параллельных нормах, на первой стадии можно не рассматривать.

Общая сумма затрат, связанных с тяговым обеспечением поездной работы при обращении преобразованного потока и с высвобождением локомотивов и бригад по сравнению с исходным состоянием, может быть отрицательной. В этих случаях экономия средств от высвобождения превосходит затраты на организацию работы по вывозному принципу в пунктах

преобразования и тяговое обслуживание поездов различных весовых категорий. Экономия затрат от высвобождения ощутимо сокращает и суммарные затраты на организацию совместного пропуска поездов всех весовых категорий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Паристый И.Л. Комплексная система организации движения тяжеловесных и длинносоставных поездов //Ж.-д. трансп. -1989. -№ 6. -С. 5-15.
- [2] Левин Д.Ю. Метод интенсификации провозной способности //Ж.-д. трансп. -1995. -№ 3. -С. 56-57.
- [3] Левин Д.Ю. Организация движения поездов повышенного веса и длины //Организация движения и пассажирские перевозки /М., 2006. -15 с.
- [4] Тихомиров И.Г., Ярошевич В.П. Оптимизация системы мер увеличения пропускной и провозной способности однопутных линий. -Гомель: БелИИЖТ, 2003. - 41 с.

REFERENCES

- [1] Paristiy I.L. *Compleksnaya sistema organizacii dvizheniya tyagelovesnih i dlinnosostavnih poezdov //g.d. transport-1989. - №6. - S. 5-15.* [in Russian: Integrated system for organizing the movement of heavy and long trains // railway transport-1989. - № 6. -page 5-15.]
- [2] Levin D.U. *Metod intensivifikacii provoznoi sposobnosti // g.d. transport - 1995. -№ 3. -S. 56-57.* [in Russian: Method of intensifying the carrying capacity // railway transport-1995. - № 3. -page 56-57.]
- [3] Levin D.U. *Organizatsiya dvizheniya poezdov povishennogo vesa i dlini // Organizatsiya dvizheniya i passazhirskie perevozki / M., 2006. -15 s.* [in Russian: Organization of movement of trains of increased weight and length // Organization of movement and passenger traffic / Moscow., 2006. -15 page]
- [4] Tihomirov I.G., Yaroshevich V.P. *Optimizatsiya sistemi mer uvelicheniya propusknoi i provoznoi sposobnosti odnopushtnih lini. – Gomel: BellIGT, 2003. - 41 s.* [in Russian: Optimization of a system of measures to increase the throughput and transport capacity of single-track lines. - Gomel: BellIRT, 2003. - 41 page.]

КРИТЕРИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОПУТНЫХ ЛИНИЙ

Абзалиева Турсынкуль Амангельдиевна, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, btaa63@bk.ru

Айкумбеков Муслим Нурымович, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, muslim050182@mail.ru.

Нуржаубаев Мейрам Маханович, сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, make1370@mail.ru

Бекжанова Сауле Ертаевна, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан; s.bekzhanova@bk.ru

ДАРА ЖОЛДАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ДАМУ КЕЗЕҢІН ОҢТАЙЛАНДЫРУДЫҢ КРИТЕРИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯСЫ

Абзалиева Турсынкуль Амангельдиевна, т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., btaa63@bk.ru

Айкумбеков Муслим Нурымович, т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., muslim050182@mail.ru.

Нуржаубаев Мейрам Маханович, сениор-лектор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ. make1370@mail.ru.

Бекжанова Сауле Ертайқызы, т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; s.bekzhanova@bk.ru

Аңдатпа. Критериялық функциясы белгілі техникалық негізінде әр түрлі салмақтағы пойыздарды өткізуді ұйымдастырумен байланысты келтірілген шығындардың сомасы болып табылады. Ол екі параметрге байланысты: жалпы ағымда (қайта құрылған пойыз ағынның параметрі) әр түрлі салмақтық категориядағы пойыздардың үлесінен және телімдегі пойыз жұмысын ұйымдастыру режимдерінен.

Түйінді сөздер: телімнің өткізгіштік қабілеті, пойызағынын оңтайландыру, локомотивтер жұмысын ұйымдастыру, тартымдық қызмет көрсетуді жетілдіру.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev.
October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 236-240

OPTIMIZATION OF WORK OF STATION OF FORMATION OF A TRAIN FLOW AT MOVEMENT OF FREIGHT TRAINS ON FIRM THREADS OF THE SCHEDULE

Muslim Aikumbekov, Cand.Sci.(Eng.), associated Professor, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; muslim050182@mail.ru

ZHadyra Sadvakassova, Senior Lecturer, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; zhady_m@mail.ru

Saule Bekzhanova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; s.bekzhanova@bk.ru

Abstract. The paper proposes methodological solutions to optimize the work of the marshalling yard in the organization of freight trains on solid threads of the schedule, as well as to identify railway directions that can ensure stable operation of marshalling yards for the formation and departure of freight trains. Implementation of the specified volume of traffic is provided by setting for each section of the defined safety of movement of passenger and freight trains of various categories, safety of movement of trains-observance of technical standards (norms of weight, stage running times, station and inter-train intervals, norms of Parking of trains for technical and commercial operations), and also requirements of PTE about the order of reception, departure and following of trains and performance of shunting work.

The most efficient use of bandwidth and transportation capacity of sites and processing capacity of stations is provided by rational laying trains on the chart, alternating supply to major stations transit and processed trains, checking the admission of trains at the entrance and exit necks of stations. High-performance use of mobile this is achieved by establishing progressive technical standards that take into account the improvement of technical means and methods of operation; schedules of movement of trains and turnover of locomotives on adjacent sites and on joints between roads. Installed duration of work of locomotive crews is observed by appointment in the schedule of points of change of crews taking into account the adopted system of service of trains by locomotives (co change or without change of crews in a way), length of a site of service and local speed.

Keywords: marshalling yard, train traffic on schedule, solid thread schedule.

УДК 656.22

М.Н.Айкумбеков¹, Ж.Д. Садвакасова¹ С.Е. Бекжанова¹

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТАНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОПОТОКА ПРИ ДВИЖЕНИИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО ТВЕРДЫМ НИТКАМ ГРАФИКА

Аннотация. В работе предложены методические решения по оптимизации работы сортировочной станции при организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика, а также по выявлению железнодорожных направлений, способных обеспечить стабильное функционирование сортировочных станций по формированию и отправлению грузовых поездов.

Ключевые слова: сортировочная станция, движение поездов по расписанию, твердые нитки графика.

График движения поездов на железнодорожном транспорте обеспечивает слаженную, ритмичную работу подразделений и служб железных дорог при перевозках грузов и пассажиров. Он выражает план всей эксплуатационной работы и является основой организации перевозок. Координируя работу всех

подразделений железнодорожного транспорта, график движения позволяет осуществлять своевременную перевозку грузов и пассажиров при одновременном выполнении требований безопасности движения, наивыгоднейшего использования подвижного состава, обеспечения ритмичности работы станций,

участков при наилучшем использовании их пропускной и провозной способности. На основе графика определяются показатели использования подвижного состава, согласовывается деятельность дорог с предприятиями грузоотправителями и получателями, а также с другими видами транспорта. График является основой организации движения поездов на железнодорожном транспорте. Он определяет: последовательность занятия поездами перегонов; время отправления и прибытия поездов по каждому раздельному пункту; скорости движения поездов по перегонам; нормы времени стоянки поездов на станциях; серии локомотивов, обслуживающих поезда; весовые нормы и длины поездов. Движение поездов строго по графику обеспечивается правильной организацией и точным выполнением технологического процесса работы станций, локомотивных и вагонных депо, тяговых подстанций, пунктов технического осмотра и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов. График движения поездов должен обеспечивать: своевременную перевозку грузов и пассажиров; выполнение требований безопасности движения; наиболее выгодное использование подвижного состава; ритмичность работы станций и участков при наилучшем использовании их пропускной способности. График движения поездов представляет собой графическое изображение следования поездов по участкам и направлениям, выполненное в координатных осях времени (горизонтальная ось) и расстояния (вертикальная ось). Он устанавливает время прибытия, отправления и проследования поездов по каждому раздельному пункту, время следования поездов по перегонам, продолжительность нахождения локомотивов и бригад на участках и конечных станциях. Значительное место в технологии доставки грузов занимает время нахождения вагона на технических станциях, особенно с переработкой, поэтому лимитирующим звеном доставки грузов «точно в срок» являются количество

переработок на всем пути следования и простой на одной технической станции.

Сортировочные станции сети обеспечивают эксплуатационную работу компании, а также оказывают услуги железнодорожной инфраструктуры другим участникам перевозочного процесса. Помимо выполнения главной задачи – массовой переработки вагонопотоков по назначениям плана формирования – эти станции должны принять на себя дополнительные функции, которые могут повлечь и необходимость изменения технологии работы сортировочных станций. К таким функциям сортировочных станций относятся:

- организация маршрутов (в основном технических) по грузополучателям и грузам;

- детализированная подборка порожних вагонов по состоянию и принадлежности с оптимизацией режимов питания грузовых станций погрузочными ресурсами;

- регулирование отправления вагонов в определенные назначения для согласованного подвода грузопотоков к грузопереваляющим и грузопогашающим комплексам;

- регулирование ритмов поездной работы с обеспечением высокого уровня эксплуатационной надежности направлений;

- обеспечение наиболее быстрой переработки и отправления вагонопотоков срочной доставки [1].

Вопросам согласования графика движения поездов с технологией работы технических станций посвящены исследования многих российских ученых. Вместе с тем, планирование организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика в настоящее время не в полной мере учитывает технические возможности сортировочных станций. Переход на новую систему организации поездопотоков по твердым ниткам осуществляется с сохранением условия отправления полновесных или полносоставных поездов, что при существующей технологии взаимодействия

станций и участков может привести к значительному увеличению простоя транзитных вагонов с переработкой и занятости путей парков технических станций.

Провозной способностью железнодорожной линии называется наибольшая величина грузопотока (в миллионах тонн нетто) которая может быть освоена линией в течение года. Провозная способность линии зависит от: пропускной способности линии; норм массы грузовых поездов; структуры поездопотока по категориям поездов и грузопотока по родам грузов. Провозная способность рассчитывается:

$$G = \frac{365N_{гр} Q_{бр} \varphi}{10^6} + G_{уск} + G_{сб} \quad (1)$$

где $N_{гр}$ - наличная пропускная способность грузового движения; $Q_{бр}$ - средняя масса

поезда брутто, зависящая от установленной нормы массы поезда и структуры грузопотока; j - отношение массы поезда нетто к массе поезда брутто, зависит от рода вагонов и структуры вагонопотока; $G_{уск}$, $G_{сб}$ - количество груза, перевозимого в ускоренных и сборных поездах, млн.т в год.

Проведенный анализ назначений плана формирования отдельно по каждой системе сортировочной станции Алматы-1 в зависимости от того, каков объем поездопотока отправляется на назначения различных категорий мощности. При этом исходными данными для графика стали назначения плана формирования, начиная с наиболее мощных. Зависимость, полученная в результате статистической обработки данных, изображена на рисунке 1 для систем станции.

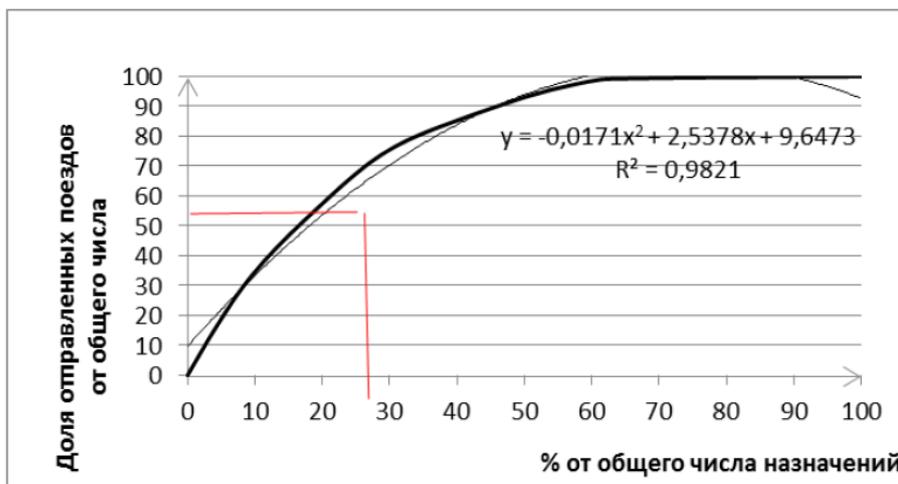


Рис. 1 – Процент отправляемого четной системой поездопотока от общего количества по назначением (начиная с наиболее мощных)

Fig. 1 – the Percentage of the train traffic sent by the accounting system from the total number of destinations (starting with the most powerful)

Из графика видно, что в четной системе 28% назначений (это наиболее мощные и мощные) образуют 70% поездопотока от общего объема, в нечетной системе 21% назначений (наиболее мощные и мощные) образуют 70% поездопотока от общего объема. Полученные зависимости позволяют сделать следующие выводы:

– чем менее мощное назначение, тем больше неравномерность отправления поездов в течение суток;

– от общего поездопотока отправления станции Алматы-1 около 30% входят в назначения плана формирования наиболее мощных и мощных (в среднем от 3 поездов в сутки и более) назначений. Уместным будет использование принципа

Парето, согласно которому 30% мощных и стабильных назначений составляют большую долю вагонопотоков, входящих в формируемые поезда рассматриваемой станции. Именно с этих назначений рекомендуется начать организацию движения поездов по твердым ниткам с сортировочной станции, так как согласно проведенному анализу наиболее мощные, мощные, а также отчасти средние назначения являются наиболее стабильными, равномерными в течение суток по количеству отправляемых поездов

Согласно справке о работе сортировочных станций (форма отчетности ДО-24ВЦ) время нахождения на станции транзитного вагона с переработкой складывается из времени на операции с вагоном и времени непроизводительного простоя (ожидания) перед операциями:

$$t_{c/п} = t_{пп} + t_{расф.} + t_{сп} + t_{по}, \quad (2)$$

где $t_{пп}$ – время нахождения вагона в парке прибытия от момента прибытия до начала расформирования, ч; $t_{расф}$ – время расформирования составов, ч; $t_{сп}$ – время нахождения вагона в сортировочном парке, ч; $t_{по}$ – время нахождения вагона в парке отправления от окончания формирования или перестановки в парк до отправления поезда, ч.

Кроме этого, каждый показатель времени нахождения вагона в парке подразделяется на элементы.

Современная технология работы любой сортировочной станции определяется на основе обеспечения четкого взаимодействия элементов станции между собой и с прилегающими участками на всех этапах переработки вагонов – это должно обеспечить бесперебойную работу станции без значительных простоев грузовых вагонов с переработкой [2].

на стабильность и равномерность отправления поездов со станции влияет мощность назначения плана формирования. Поэтому в работе предложена формула расчета рациональной доли «ядра» грузовых поездов, отправляемых с сортировочной станции по твердому

графику и определяемый исходя из критериев каждой категории мощности назначения плана формирования:

Для различных категорий мощности струй коэффициент определяется в пределах $0,42 \leq \alpha_{я} \leq 0,68$. При мощности назначения значительно превышающей размеры целесообразно рассмотреть возможность изменения плана формирования для повышения транзитности вагоно потока и перераспределение работы между сортировочными станциями, так как это требует дополнительных путей в сортировочном парке и увеличивает затраты времени на нахождение составов в системе формирования. В отдельных случаях при мощном назначении в специализации путей станции предусматривается выделение двух путей для непосредственного накопления без учета параллельности процесса.

Движение «ядра» поездов по твердым ниткам позволяет за счет предварительного планирования улучшить использование локомотивов и локомотивных бригад, а также прогнозировать время нахождения вагона на станциях переработки вагонопотока.

Вывод. Существующее техническое оснащение инфраструктуры сортировочных станций и установленный план формирования грузовых поездов ограничивают возможное количество твердых ниток. В процессе исследования выявлены зависимости, отражающие занятость путей сортировочных станций и элементов простоя вагонов, характеризующих технологические затраты времени.

Организация доставки «точно в срок», должна опираться на технологию перевозочного процесса. Таким образом, организация движения грузовых поездов по твердым ниткам графика, учитывающая индивидуальные особенности струй вагонопотока, позволит использовать логистические принципы в доставке грузов, снижающие затраты смежных звеньев цепочки транспортирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бородин, А. Ф. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций / А. Ф. Бородин, Р. В. Агеев, А. С. Крылов, М.Б. Сиротич // Железнодорожный транспорт. – 2010. – №8. – С. 15–17.
- [2] Чечулина Ю.А., Югина О.П. Работа сортировочной станции в условиях перехода к организации движения грузовых поездов по твердому графику//Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2013. - №1. - С. 85-87.
- [3] Абрамов А.А. Управление эксплуатационной работой: Ч. II. График движения поездов и пропускная способность: Учеб. пос. –М.:РГОТУПС, 2002, –171 с.

REFERENCES

- [1] Borodin, A. F. *Razmeshhenie, razvitie i vzaimodejstvie sortirovochnyh stancij* [in Russian: Placement, development and interaction of marshalling yards]. A. F. Borodin, R. V. Ageev, A. S. Krylov, M.B. Sirotych. *Zheleznodorozhnyj transport* [in Russian: Railway transport]. – 2010. – №8. – S. 15–17.
- [2] Сечулина Ю.А., Югина О.П. *Rabota sortirovochnoj stancii v usloviyah perehoda k organizacii dvizhenija gruzovyh poezdov po tverdomu grafiku* [in Russian: The work of the marshalling yard in the transition to the organization of the movement of freight trains on a firm schedule] *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka*. [in Russian: Scientific problems of transport in Siberia and the Far East] - 2013. - №1. - S. 85-87.
- [3] Abramov A.A. *Upravlenie jekspluatacionnoj rabotoj: CH. II. Grafik dvizhenija poezdov i propusknaja sposobnost'* [in Russian Operational management: Part II. Train schedule and capacity] *Ucheb. pos.*[in Russian educational benefit] –М.:RGOTUPS, 2002, –171 s.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТАНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОПОТОКА ПРИ ДВИЖЕНИИ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО ТВЕРДЫМ НИТКАМ ГРАФИКА

Айкумбеков Муслим Нурымович, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, muslim050182@mail.ru.

Садвакасова Жадыра, М. Тынышбаев атындағы Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, muslim050182@mail.ru.

Бекжанова Сауле Ертаевна, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан; s.bekzhanova@bk.ru

ГРАФИКТИҢ ҚАТТЫ ЖЕЛІЛЕРІ БОЙЫНША ЖҮК ПОЕЗДАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ КЕЗІНДЕ ПОЕЗД АҒЫНЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Айкумбеков Муслим Нурымович, т.ғ.д., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., muslim050182@mail.ru.

Садвакасова Жадыра, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., muslim050182@mail.ru.

Бекжанова Сауле Ертақызы, т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; s.bekzhanova@bk.ru

Аңдатпа. Жұмыста кестенің қатаң желілері бойынша жүк пойыздарының қозғалысын ұйымдастыру кезінде сұрыптау станциясының жұмысын оңтайландыруға, сондай-ақ жүк пойыздарының қалыптасуы мен кетуіне арналған сұрыптау станцияларының тұрақты жұмысын қамтамасыз ететін теміржол бағыттарын анықтауға арналған әдістемелік шешімдер ұсынылған.

Түйінді сөздер: сұрыптау станциясы, кесте бойынша поездардың қозғалысы, графиктің қатты желілері.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 240-248

MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION OF TRANSITIVITY BY DYNAMIC FORECASTING METHOD

Akchabaev Hasen, Doc.S.C.(Tech), professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, akchabaev_h@mail.ru.

Kamzina Azhar, Cand.SC.(Tech), associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, azhar0330kad@mail.ru.

Abibullaev Serik Cand.SC.(Tech), senior lecturer, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, seric.a@mail.ru

Oljabaeva Raushah, senior lecturer Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, r.olzhabaeva@kazatk.kz

Abstract. Increasing the transit capacity of car flows is a multi-stage task of optimizing the movement of car flows, the solution of which is based on the use of the ACS system.

The factors influencing such indicator as transit capacity are interconnected by cargo and car flows. As traffic flows and traffic volumes have the potential of transit, backed up by statistical data analysis. At the same time, the potential of transit and its implementation are of practical importance for improving the efficiency of railway transport.

Each of these components has other important indicators, the accounting of which can be organized as the implementation of the system and the commissioning of the corresponding computers. As the transit potential is exploited, the system will undergo changes at all levels. In this regard, it is almost impossible to operate for a more or less long period constantly in the same mode. This will always be hampered by changes in external factors such as fluctuations in the level (volume) of transport and material flows in the country.

Therefore, it is necessary to establish not only a single value of the transit potential, but also its changes in time in General, and when calculating for specific directions of change at each stage (for example, at the point of passing processing of car flows). Therefore, the solutions must be multivariate, step-by-step and mutually complementary in terms of criteria (the total criterion is equal to the sum of the criteria in the stages). Taking into account these requirements, a method of dynamic forecasting of transitivity was developed.

For the major components of the transportation process is taken one result criterion - transitnet, and implementation of transit given in Chapter 2 factors allows to solve at once all three main objectives - to accelerate the transport of goods, to reduce the turnaround time of wagons to reduce the amount of processing at the sorting stations (that is, to save a maximum of wagon-hours).

Keywords: the plan of formation of trains, modeling of transportation process, the organization of car flows, the automated control systems on railway transport

УДК 656.2

Х.Т. Акчабаев¹, А.Д. Камзина², Абибуллаев С.Ш.³, Р.С. Олжабаева⁴

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНЗИТНОСТИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Аннотация. Факторы, оказывающие влияние на такой показатель как транзитность, взаимоувязаны грузо - и вагонопотоками. Как грузопотоки, так и вагонопотоки обладают потенциалом транзитности, подтверждаемый анализом статистических данных. При этом потенциал транзитности и его реализация имеют прикладное значение для повышения эффективности функционирования железнодорожного транспорта.

Применение метода динамического прогнозирования открывает принципиально новый подход к решению основной задачи организации вагонопотоков - разработке плана формирования, основанный на поиске оптимального варианта с учетом лучшего решения конечной задачи перевозочного процесса - ускорения прибытия вагонопотоков в пункты назначения.

Ключевые слова: план формирования поездов, моделирование перевозочного процесса, организация вагонопотоков, автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте

Повышение транзитности вагонопотоков является многоэтапной задачей оптимизации перемещения вагонопотоков, решение которой основано на использовании системы АСУ.

Применение метода динамического прогнозирования открывает принципиально новый подход к решению основной задачи организации вагонопотоков - разработке плана формирования, основанный на поиске оптимального варианта с учетом лучшего решения конечной задачи перевозочного процесса - ускорения прибытия вагонопотоков в пункты назначения [1].

Рассмотрим в общем виде определение оптимальной этапности использования потенциала транзитности

методом динамического прогнозирования на простейшем примере. Как видно из рисунка 1, перемещение самой дальней струи по варианту *a* всегда выгодно для грузопотока (абсолютная транзитность) и не всегда (или никогда) невыгодно для вагонопотока (для железных дорог). Перемещение по варианту *б* (то есть от участка к участку) не всегда (или никогда) невыгодно для грузопотока (нет никакой транзитности) и также не всегда (или никогда) невыгодно для вагонопотока.

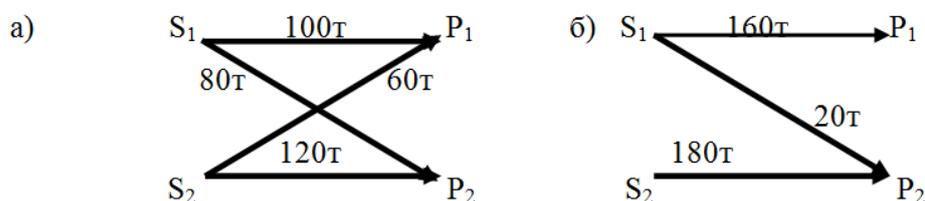


Рис. 1 – Схемы прикрепления поставщиков к потребителям:

а – без учета; б – с учетом концентрации грузопотоков;

Fig. 1 – Schemes of attachment of suppliers to consumers:

a - excluding; b – taking into account the concentration of cargo flows

Таким образом, остается обеспечить выбор между оставшимися шестью вариантами, из которых три подвергаются двухэтапному перемещению (имеют по одной переработке или проходят две станции без переработки - обозначено кружочками) и три - трехэтапному перемещению (имеют по две переработки или проходят по одной станции без переработки).

При расчетах ПФП, как известно, сопоставляются величины экономии вагоно-часов от проследования попутных станций без переработки с величинами потерь в результате накопления вагонов до установленных массы или длины составов. Значения указанных величин находятся в зависимости от мощности струй, параметра накопления, состава поезда и времени экономии от проследования без переработки по попутным станциям. Этапность расчетов по этому методу осуществляется от начала к концу, то есть по ходу следования струй вагонопотоков и,

кроме того, без учета дальности грузопотоков, то есть конечный результат, получаемый по известной формуле ($N \sum T_s \geq cm$), не учитывает (и не может учитывать), соответствует ли полученное оптимальное решение реально выгодному оптимальному соотношению дальности перемещения груза и следования вагона без переработки и обеспечивается ли максимально возможное прибытие вагонопотоков на станцию назначения транзитом через одну, две, три или все попутные станции.

Метод динамического прогнозирования позволяет осуществлять расчеты, максимально сближая дальность следования грузопотоков и дальность следования вагонопотоков без переработки (в отличие от дальности следования вагонопотоков с переработкой, которая по своей относительной незначительности вообще несравнима с дальностью следования грузов).

При расчетах методом динамического прогнозирования выбор оптимального варианта плана формирования производится не путем последовательного укорачивания струй вагонопотоков (в результате объединения их с более короткими смежными струями с целью получения оптимальных соотношений $N \sum T_{эк}$ и cm), а на основе последовательного удлинения струй, начиная с пункта их назначения уже с самого начала расчетов. Перенос назначений на заключительном этапе расчетов принятым в настоящее время методом с начальных на последующие станции фактически еще больше укорачивает длины струй (дальность грузопотоков). Это приводит, в конечном счете, к еще большему разрыву между дальностями грузо - и вагонопотоков, дроблению групп вагонов одного и того же назначения в пути следования (то есть искусственному увеличению числа отцепов в составе поезда) [1-2].

На рисунке 1 идет речь фактически лишь об одной струе, от величины которой будет зависеть расчет целесообразности выделения ее в отдельное назначение. Применительно к системе динамического прогнозирования это будет выглядеть следующим образом. Если $N \sum T_{эк} > cm$, то будем считать, что струя пойдет от начальной точки до конечной без переработки и, следовательно, конечная цель достигнута, то есть струя вагонопотока поступила в пункт назначения в полном составе (однотипный поезд из вагонов одного назначения). Если же величина N невелика,

тогда возникает вопрос об объединении этой струи с какой-либо другой и, следовательно, переработке состава на одной из станций, находящихся на пути следования поезда.

Следует отметить, что описанная выше методика расчета позволяет не только получить гибкую систему выбора оптимального для данных величин струй вагонопотоков плана формирования, но и в случае необходимости, задаваясь требуемыми конечными решениями (например, обеспечением безусловного прибытия данных p струй на их станции назначения), получить вариант плана формирования, обеспечивающий заранее заданную величину прибытия (с выдачей, например, данных о потерях вагоно-часов).

Таким образом, предлагаемый метод резко уменьшает трудоемкость расчетов. Выбранный конечный пункт - станция назначения - для расчета плана формирования дает возможность именно для нее начать расчеты с конца, то есть с наиболее плотных зон концентрации транзитных потоков. Чем дальше расчеты приближаются к началу полигона, тем они становятся легче и проще, так как сразу выпадают струи, транзитность которых обеспечить невозможно (неэффективно, невыгодно).

Для более или менее сложных расчетов (для 10-20 и более опорных станций, а в последующем для всех 170-200 опорных станций сети) потребуется моделирование процессов с целью выбора оптимальных показателей использования потенциала транзитности и выбора наиболее приемлемой модели (рисунок 2) [2-3].

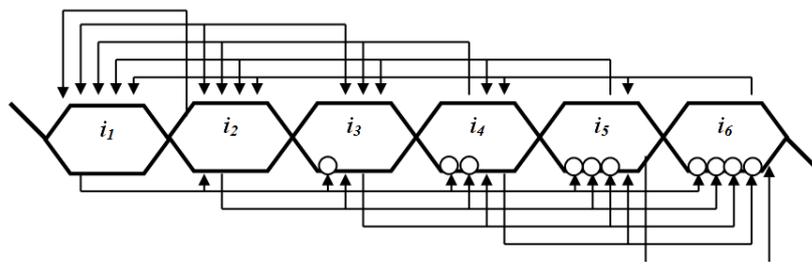


Рис. 2 – Схема взаимодействия струй шести станций
 Fig. 2 – Scheme of interaction of jets of six stations

Основная целевая функция основана на общей формуле экономии (выигрыша) вагоно-часов

$$W = N \sum T_{эк} - cm \quad (1)$$

По методу динамического прогнозирования для n станций в этой формуле будет учитываться экономия от проследования данной струи транзитом, а

также от переброски струи (струй) участковым поездом с предыдущей (или расположенной перед ней) станции для получения транзитной струи соответствующей мощности на этой (последующей) станции.

На рисунке 3 приведена схема полигона, на котором базируются обозначения и индексы для целевой функции:

$$\begin{aligned}
 & N_{ij} \sum_{i+1}^{j-1} t - c_i m_i; j > i; j - i > 1 && \text{(струя следует с } i \text{ на } j \text{ по линии } ij); \\
 & N_{ij} \sum_{s+1}^{j-1} t; j > s > i; (s - i) > 1 && \text{(струи перебрасываются на } s \text{ и посылаются с } s \text{ на } i \text{ вместе с назначением } N_{sj}); \\
 & N_{ij} \sum_{s+1}^{j-1} t - c_s m_s; j > s > i; (s - i) > 1 && \text{(то же, если назначение } N_{sj} \text{ не существовало);} \\
 & 0, && \text{если } j = i + 1 \text{ или } s = i + 1.
 \end{aligned} \quad (2)$$

Из общего числа рассмотренных была выбрана модель дерева целей (рисунок 4). Основываясь на данных рисунков 3 и 4 и системе формул (2), можно

установить необходимое условие выделения транзитного назначения на станции (если такового не существовало). Это условие будет иметь вид

$$\left\{ (N_{ij} \sum_{s+1}^{j-1} t - c_s m_s) - (N_{ij} \sum_{i+1}^{j-1} t - c_i m_i) \right\} > 0. \quad (3)$$

Учитывая, что переброска струи с предыдущей станции на последующую всегда приведет к уменьшению общих затрат на накопление (ввиду увеличения мощности струи, а следовательно, уменьшения времени на накопление назначения до величины состава) по сравнению с затратами на накопление до прибытия предыдущей струи, в формуле (3) (в случае если на станции переброски нет

назначения) разность $N_{ij} \sum_{s+1}^{j-1} t - N_{ij} \sum_{i+1}^{j-1} t$ можно заменить величиной $N_{ij} \sum_{i+1}^s t$. Тогда после преобразований формула (3) примет вид

$$c_i m_i - \left\{ c_s m_s + N_{ij} \sum_{i+1}^s t \right\} > 0. \quad (4)$$

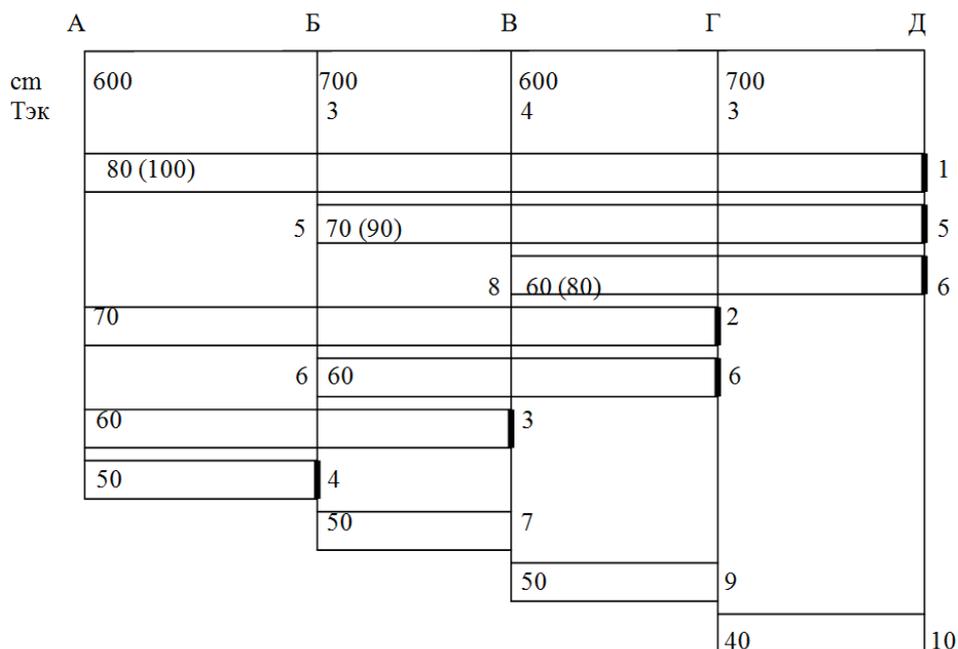


Рис. 3 – Варианты плана формирования для конечной станции
 Fig. 3 - variants of the formation plan for the terminal station

В формуле (4) наглядно видна эффективность переброски струй с предыдущих станций на последующие, где резко уменьшаются затраты на накопление и возрастает экономия от отправления более дальнего назначения.

На основе формул (2), (3) и (4) при расчетах оптимального варианта (максимизация транзитности путем выбора наибольшего значения общей экономии вагоно-часов) в каждой точке

фазового пространства выбираются условно оптимальные назначения с учетом такой последовательности: обязательное транзитное с i на j ; транзитное с s на j (где s минимальное число, большее i при условии наличия назначения); транзитное с $i+1 \dots s-1$ на j при выполнении необходимого условия выделения транзита на попутной станции [максимальное число таких поездов будет $(s - i - 1)$].

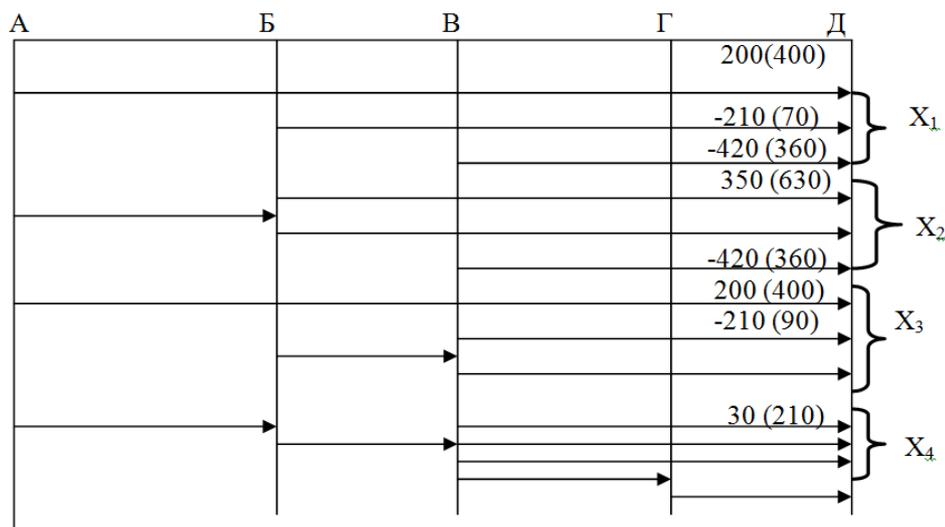


Рисунок 4 – Варианты плана формирования для конечной станции
 Figure 4 – variants of the formation plan for the terminal station

После расчетов по каждой линии выбирается назначение с максимальным значением экономии W по каждому направлению. Таким образом, на каждой

линии ij может быть назначений (точек) не больше $(j-i)$, как было показано ранее.

В общем виде модель расчета для дерева целей на рисунке 3 будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} &\text{на линии } j-1 \text{ для точки } 12 \quad W_{12} = W_{11} - 0 = 0; \\ &\text{на линии } j-2 \text{ для точки } 13 \quad W_{13} = W_{12} + N_{j-2}, jt_{j-1} - c_{j-2}m_{j-2}; \\ &\text{на линии } j-2 \text{ для точки } 14 \quad W_{14} = W_{12} - 0. \text{ Если } W_{14} > W_{13}, \\ &\text{то точка } 14 \text{ исключается из участия в дальнейших расчетах;} \\ &\text{на линии } j-3 \text{ для точки } 15 \quad W_{15} = W_{13} + N_{j-3}, j(t_{j-2} - t_{j-1}) - c_{j-3}m_{j-3}; \\ &\text{на линии } j-3 \text{ для точки } 16 \quad W_{16} = W_{15} + N_{j-3}, jt_{j-1}. \end{aligned}$$

Если $W_{16} < W_{15}$, то точка 16 может быть отброшена из дальнейших расчетов, но прежде необходимо получить значения для остальных точек на этой линии; на линии $j-3$ для точки 17 $W_{17} = W_{14} + N_{j-3}, j(t_{j-2} + t_{j-1}) - c_{j-3}m_{j-3}$.

Сравнивая значения W_{17} и W_{15} , необходимо выбрать большее для дальнейших расчетов (на рисунке В.5 точка 17 отброшена); на линии $j-3$ для точки 18 $W_{18} = W_{14} + N_{j-2}t_{j-2} - c_{j-2}m_{j-2}$.

Существование этой точки зависит от выполнения требований необходимого условия (формула (3)). Далее сравнивается W_{18} с W_{16} и меньший выигрыш отбрасывается; на линии $j-3$ для точки 19 $W_{19} = W_{14} + 0$. Это назначение участков. Его всегда необходимо учитывать на тот случай, если транзитность даст отрицательный результат.

Перейдем на линию $j-4$. Здесь для точки I10 имеем:

$$\begin{aligned} W_{I10} &= W_{15} + N_{j-4}, j(t_{j-3} + t_{j-2} + t_{j-1}) - c_{j-4}m_{j-4}. \\ &\text{Аналогично получаем:} \\ W_{I11} &= W_{15} + N_{j-4}, j(t_{j-2} + t_{j-1}); \\ W_{I12} &= W_{16} + N_{j-4}, j(t_{j-3} + t_{j-2} + t_{j-1}) - c_{j-4}m_{j-4}; \\ W_{I13} &= W_{16} + N_{j-4}, j(t_{j-2} + t_{j-1}) - c_{j-3}m_{j-3}; \\ W_{I14} &= W_{16} + N_{j-4}, j(t_{j-1}); \\ W_{I15} &= W_{19} + N_{j-4}, j(t_{j-3} + t_{j-2} + t_{j-1}) - c_{j-4}m_{j-4}; \\ W_{I16} &= W_{19} + N_{j-4}, j(t_{j-2} + t_{j-1}) - c_{j-3}m_{j-3}; \\ W_{I17} &= W_{19} + N_{j-4}, j(t_{j-1}) - c_{j-2}m_{j-3}; \\ W_{I18} &= W_{19} - 0. \end{aligned}$$

Аналогично определяются значения вагоно-часов W для других возможных линий. Как видно из формул для точек I2 - I18, в них прослеживается цикличность, которую можно в обобщенном виде учесть

в единой формуле математической модели для расчета методом динамического прогнозирования транзитности [2-4].

Вывод. Таким образом, практически каждая точка на линии фазового

пространства будет иметь три ветви, идущие с последующей с конца (предыдущей с начала) линии: одна показывает результаты выделения струи в самостоятельное назначение, вторая - результат ее слияния с попутной струей того же назначения, но отправляемой со следующей станции, и третья - данные участкового перемещения. Вообще,

возможны еще и ветви, показывающие слияние данной струи с попутной, но не смежной, а зарождающейся через одну и более станций, но эти преимущества будут рассмотрены дальше. Из полученных точек отбрасываются имеющие наименьший выигрыш вагоно-часов и обеспечивающие наименьшую транзитность.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Паристый И.Л. Комплексная система организации движения тяжеловесных и длинносоставных поездов //Ж.-д. трансп. -1989. -№ 6. -С. 5-15.
- [2] Левин Д.Ю. Метод интенсификации провозной способности //Ж.-д. трансп. -1995. -№ 3. -С. 56-57.
- [3] Левин Д.Ю. Организация движения поездов повышенного веса и длины //Организация движения и пассажирские перевозки /М., 2006. -15 с.
- [4] Тихомиров И.Г., Ярошевич В.П. Оптимизация системы мер увеличения пропускной и провозной способности однопутных линий. -Гомель: БелИИЖТ, 2003. - 41 с.

REFERENCES

- [1] Paristiy I.L. *Compleksnaya sistema organizaci dvigeniya tyagelovesnih i dlinnosostavnih poezdov* [in Russian: Integrated system for organizing the movement of heavy and long trains] railway transport-1989. - № 6. -page 5-15.
- [2] Levin D.U. *Metod intensivikaci provoznoi sposobnosti* [in Russian: Method of intensifying the carrying capacity] // railway transport-1995. - № 3. -page 56-57.
- [3] Levin D.U. *Organizatsiya dvigeniya poezdov povishennogo vesa i dlini // Organizatsiya dvigeniya i passazhirskie perevozki*[in Russian: Organization of movement of trains of increased weight and length // Organization of movement and passenger traffic] Moscow., 2006. -15 page
- [4] Tihomirov I.G., Yaroshevich V.P. *Optimizatsiya sistemi mer uvelicheniya propusknoi i provoznoi sposobnosti odnoputnih lini.* [in Russian: Optimization of a system of measures to increase the throughput and transport capacity of single-track lines.] - Gomel: BelIIRT, 2003. - 41 page.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНЗИТНОСТИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Хасен Тумарбекович Акчабаев, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, Акчабаев_Н@mail.ru.

Ажар Даулетбаевна Камзина, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, azhar0330kad@mail.ru.

Абибуллаев Серик Шимбулатович, к.т.н., сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, seric.a@mail.ru

Олжабаева Раушан Сериковна, сениор-лектор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, r.olzhabaeva@kazatk.kz

ДИНАМИКАЛЫҚ БОЛЖАУ ӘДІСІМЕН ТРАНЗИТТІ ОҢТАЙЛАНДЫРУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Хасен Тумарбекович Акчабаев т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Акчабаев_Н@mail.ru.

Ажар Даулетбаевна Камзина т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., azhar0330kad@mail.ru.

Абибуллаев Серик Шимбулатович т.ғ.к., сениор-лектор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., seric.a@mail.ru

Олжабаева Раушан Сериковна сениор-лектор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., r.olzhabaeva@kazatk.kz

Андатпа. Транзит сияқты көрсеткішке әсер ететін факторлар жүк және вагон ағындарымен өзара байланысқан. Жүк ағындары да, вагон ағындары да статистикалық деректерді талдау арқылы расталатын транзиттік әлеуетке ие. Бұл ретте транзит әлеуеті және оны іске асыру темір жол көлігінің жұмыс істеу тиімділігін арттыру үшін қолданбалы маңызы бар.

Динамикалық болжамдау әдісін қолдану вагон ағындарын ұйымдастырудың негізгі міндеттерін шешуге - тасымалдау процесінің соңғы міндетін жақсы шешуді ескере отырып, оңтайлы нұсқаны іздеуге негізделген қалыптастыру жоспарын әзірлеуге принципті жаңа көзқарас ашады - вагон ағындарының межелі пункттерге келуін жеделдету.

Түйінді сөздер: поездарды қалыптастыру жоспары, тасымалдау процесін модельдеу, вагон ағындарын ұйымдастыру, темір жол көлігіндегі автоматтандырылған басқару жүйесі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 248-252

OPTIMIZATION OF CONTAINER TERMINAL NETWORK

Akchabaev Hasen, Doc.S.C.(Tech), professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, [Akchabaev H@mail.ru](mailto:akchabaev_h@mail.ru).

Aikumbekov Muslim, Cand.SC.(Tech), associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, muslim050182@mail.ru.

Kamzina Azhar, Cand.SC.(Tech), associate professor, Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, azhar0330kad@mail.ru.

Saule Bekzhanova, Dr.Sci.(Eng.), Professor, Kazakh Academy of transport and communications after named M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan; s.bekzhanova@bk.ru

Abstract. The optimization task is to select the number and location of container terminals on the road network and transport hubs, taking into account the closure of stations due to their low load and unprofitability. At the same time, it is necessary to take into account various options for redistribution of container operations between stations. These terminals should be based on a grassroots (reference) network of container points, which, in turn, are considered as a single system, taking into account the most rational use of interacting modes of transport.

When deciding on the feasibility of opening a new container point at the station compared to other modes of transportation (not in containers), savings on packaging and packaging are of great importance.

The main attention in the analysis of the structure of cargo turnover of the container point should be paid to the goods of the first two groups, the transportation of which in containers is the most economical. At the same time, the third group of goods should also be examined, the transportation of which in containers, although it does not save on packaging and packaging, but significantly reduces the costs of loading and unloading and sorting, especially in cases where the transportation of these goods in covered wagons is carried out in small shipments.

The expediency of placing a container point at a given station largely depends on the concentration of enterprises producing container-usable products in the region under consideration, that is, on the ratio of the size of departure and arrival of goods, since this determines the amount of excess containers or the need to send them empty.

Keywords: shipping in containers, the work of the container point, analysis of the structure of cargo turnover in the terminal

УДК 656.2

Х.Т. Акчабаев¹, М.Н. Айкумбеков¹, А.Д. Камзина¹, С.Е. Бекжанова¹

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

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Аннотация, Задача оптимизации заключается в выборе числа и размещения контейнерных терминалов на сети дорог и в транспортных узлах с учетом закрытия станций в связи с их низкой загрузкой и убыточностью. При этом необходимо учитывать различные варианты перераспределения контейнерных операций между станциями. Данные терминалы должны опираться на низовую (опорную) сеть контейнерных пунктов, которые, в свою очередь, рассматриваются как единая система с учетом наиболее рационального использования взаимодействующих видов транспорта.

Ключевые слова: перевозка груза в контейнерах, работа контейнерного пункта, анализ структуры грузооборота в терминале.

При решении вопроса о целесообразности открытия нового контейнерного пункта на станции по сравнению с иными способами перевозки (не в контейнерах) большое значение имеет экономия на таре и упаковке [1]. Все грузы, перевозимые в контейнерах, в отношении экономии на таре можно разделить на три группы:

- полностью освобождающиеся от тары;
- частично дающие экономию на таре, в связи с применением удешевленной или облегченной тары;
- незатариваемые вообще или имеющие одинаковую транспортную тару при перевозке грузов как в контейнерах, так и в вагонах.

Основное внимание при анализе структуры грузооборота контейнерного пункта должно быть обращено на грузы первых двух групп, перевозка которых в контейнерах наиболее экономична. Вместе с тем, должны быть обследованы также и грузы третьей группы, перевозка которых в контейнерах, хотя и не дает экономии на таре и упаковке, но значительно снижает затраты на погрузочно-разгрузочные работы и сортировку, особенно в тех случаях, когда перевозки этих грузов в крытых вагонах осуществляются мелкими отправлениями.

Целесообразность размещения контейнерного пункта на данной станции в значительной степени зависит от концентрации предприятий, производящих контейнеропригодную продукцию, в рассматриваемом регионе, то есть от соотношения размеров отправления и прибытия грузов, так как это определяет величину избытка контейнеров или потребность в подсылке их в порожнем состоянии [2-3].

Для окончательного решения вопроса о целесообразности размещения контейнерного пункта на станции необходимо сравнить затраты на перевозку грузов в контейнерах и крытых вагонах по всем элементам перевозочного процесса от склада отправителя до склада получателя.

Процесс перевозки грузов в контейнерах, как правило, включает в себя следующие компоненты:

- доставку контейнера от грузоотправителя до контейнерного пункта автомобильным транспортом;
- перегрузку на магистральный вид транспорта (железнодорожный, водный);
- доставку магистральным видом транспорта;
- перегрузку на другой вид магистрального транспорта или перегрузку в пределах одного его вида в целях сортировки;
- доставку этим видом транспорта;
- перегрузку на автомобильный транспорт и доставку им грузополучателю [2-3].

Сравнение способов перевозки производится по эксплуатационным или приведенным затратам в зависимости от того, рассматривается ли вопрос о сохранении действующего или открытии нового контейнерного пункта.

Выбор наиболее выгодного способа перевозки должен осуществляться на основе двух взаимосвязанных между собой критериев – объема грузооборота и дальности перевозки, при которых размещение контейнерного пункта на данной станции себя оправдывает.

Определение минимального грузооборота, при котором целесообразно размещение контейнерного пункта на данной станции, рекомендуется производить по формуле (1), учитывающей виды затрат:

$$Q_{cp} = \frac{\frac{1}{t_{ок}}(K'' - K') + (E'' - E')}{(2 - \alpha_n)(f_6 C' - f_k \mu'_k C'') + (f_6 C'_{жс} - f_k C''_{жс}) \nu_{жс} + (f_6 C'_a - f_k C''_a) \nu_a + \Theta_m} \quad (1)$$

где: K'' и K' – капитальные затраты соответственно при контейнерном и неконтейнерном способах перевозки, тг.;

$t_{ок}$ – нормативный срок окупаемости системы, год;

E'' и E' – годовые эксплуатационные затраты соответственно при контейнерном и неконтейнерном способах перевозки, не зависящие от размеров грузооборота, тг.;

C'' и C' – себестоимость соответственно одной контейнеро-операции и тонно-операции в части затрат, зависящих от размеров грузооборота, тг.;

$C''_{жс}$ и $C'_{жс}$ – себестоимость 1 ткм перевозки грузов железнодорожным транспортом соответственно при контейнерном и неконтейнерном способах перевозки, тг.;

C''_a и C'_a – то же автомобильным транспортом, тг.;

$l_{жс}$ и l_a – расстояние соответственно железнодорожной перевозки и автомобильного подвоза (вывоза) грузов, км;

f_6 и f_k – коэффициенты, характеризующие тароемкость грузов и представляющие отношение веса брутто к весу нетто соответственно при перевозке в крытых вагонах и контейнерах;

\mathcal{E}_m – экономия на таре и упаковке при контейнерном способе перевозки, тг. на 1 т нетто;

α_n – коэффициент, учитывающий непосредственную перегрузку груза из вагона на автомобиль и обратно;

μ'_k – количество контейнеро-операций, приходящихся на 1 тонно-операцию.

Определение рациональной дальности железнодорожных перевозок в контейнерах основано на принципе условного деления на «постоянные» затраты и «переменные»; к первым относятся расходы в начально-конечных и сортировочных пунктах, не зависящие от

дальности перевозки, а ко вторым – изменяющиеся пропорционально изменению дальности перевозки (затраты на операции, связанные с движением). При этом необходимо учитывать все многообразие условий перевозки: следование груза в крытых вагонах повагонными или мелкими отправлениями, транспортирование последних в прямых или перегрузочных (с сортировкой) вагонах, перевозку контейнеров с сортировкой в пути или на прямых платформах и других [2-3].

Формулы (1) и (2) используются для расчета рациональной дальности контейнерных перевозок. Если груз перевозится мелкими отправлениями с сортировкой в пути, то целесообразная дальность перевозок при его перевозке в контейнерах при полном освобождении грузов от тары будет определяться формулой:

$$L_k = \frac{T_6 + f_6(C_{нк}^6 + n_c^6 C_c^6) - (C_{нк}^k + n_c^k C_c^k)}{C_{д6}^k - f_6 C_{д6}^6} \quad (2)$$

При перевозке грузов повагонными отправлениями или мелкими, но без сортировки в пути, эта дальность составит:

$$L_k = \frac{T_6 + f_6 C_{нк}^6 - C_{нк}^k}{C_{д6}^k - f_6 C_{д6}^6} \quad (3)$$

где: T_6 – затраты на тару и упаковку грузов при перевозке в крытых вагонах, тг. на 1 т нетто;

$C_{нк}^6$ и $C_{нк}^k$ – затраты в начально-конечных пунктах, не зависящие от расстояния перевозки, соответственно в крытых вагонах и контейнерах, тг. на 1 т (с учетом веса тары груза);

C_c^6 и C_c^k – затраты в пункте сортировки соответственно мелких отправок и контейнеров, тг. на 1 т (с учетом веса тары груза);

n_c^6 и n_c^k – число сортировок мелких отправок и контейнеров в пути следования;

$C_{об}^6$ и $C_{об}^к$ – себестоимость 1 ткм в части затрат на передвижение груза в поездах соответственно при перевозке в крытых вагонах и контейнерах.

Для выбора способа перевозки по критерию дальности необходимо сопоставить целесообразную расчетную дальность с фактической. Если расчетная дальность больше фактической, открытие контейнерного пункта на станции, как правило, целесообразно.

Выбор варианта размещения контейнерных пунктов при наличии параллельных автомобильных дорог производится не по отдельным станциям, а на целом направлении.

При этом, в общем виде число всех теоретически возможных вариантов размещения контейнерных пунктов для m станций определяется суммой сочетаний из m элементов по k в каждом сочетании при изменении k от 1 до m :

$$\sum_{k=1}^{k=m} C_m^k \sim 2^m \quad (4)$$

Из числа этих вариантов следует выбрать наиболее целесообразный в соответствии с указанными выше критериями: объемом грузооборота и дальностью перевозки. Этот вариант определяет не только число пунктов и схему их размещения, но и распределение контейнерного грузооборота между пунктами.

Прежде, чем начать поиск оптимального варианта, необходимо выявить устойчивые контейнеропотоки, и при дальнейшем выборе окончательного

размещения контейнерных терминалов брать за основу лишь участки действующей железнодорожной сети, на которых оборот контейнеров является устойчивым и прогрессивным. Поиск и отбор устойчивых контейнеропотоков целесообразно производить с помощью методов математического и статистического прогнозирования. В настоящее время в практике работы обычно используются три метода прогнозирования, а именно:

- метод экстраполяции;
- метод экспертных оценок;
- метод математического моделирования.

Вывод. Для выявления необходимой нам тенденции устойчивого и перспективного развития контейнерных перевозок на определенных направлениях, выберем метод экстраполяции на основании среднегодовых темпов роста. Данный метод представляет собой установление определенных тенденций развития исследуемого явления, выраженных, как правило, в количественных показателях (чаще всего в виде темпов роста) за предшествующий период и распространение этих тенденций на прогнозируемый период. При этом предполагается, что исследуемое явление в течение прогнозируемого периода будет находиться под действием тех же факторов (уровень производства контейнеропригодной продукции, уровень тарифов на железнодорожные перевозки, наличие и фактическое состояние пропускных и провозных способностей железнодорожного транспорта и т.д.), что и в предшествующий период, что обеспечивает сохранение ранее установившихся тенденций.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Демичев Г.М. Складское и тарное хозяйство. – М.: Высшая школа, 2000. – 183 с.
- [2] Осипов В.Т. Маршрутизация перевозок и повышение ее эффективности. – М: Наука, 1992. – 404 с.
- [3] Экономика железнодорожного транспорта. /Под ред. В.А. Дмитриева. – М.: Транспорт, 1996. – 336 с.

REFERENCES

- [1] Demichev G. *Skladskoe I tarnoe hozyaistvo*. [in Russian: Warehouse and storage facilities.] - Moscow: Higher school 2000. - 183 page

- [2] Osipov V.T. *Marshrutizaschya perezovozok I povyshenie yee effektivnosti*. [in Russian: Transportation routing and increase of its efficiency.] - M: Science -1992. - 404 page
- [3] *Ekonomika jeleznodorojnogo transporta*. [in Russian: Economy of railway transport.] Edited by V. A. Dmitriev. - M.: Transport, 1996. - 336 page

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Хасен Тумарбекович Акчабаев д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, Akchabaev_H@mail.ru.

Муслим Нурымович Айкумбеков к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, muslim050182@mail.ru.

Ажар Даулетбаевна Камзина к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, azhar0330kad@mail.ru.

Бекжанова Сауле Ертаевна, д.т.н., профессор, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан; s.bekzhanova@bk.ru

КОНТЕЙНЕРЛІК ТЕРМИНАЛДАР ЖЕЛІСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Хасен Тумарбекович Акчабаев т.ғ.д., профессор, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Akchabaev_H@mail.ru.

Муслим Нурымович Айкумбеков т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., muslim050182@mail.ru.

Ажар Даулетбаевна Камзина т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., azhar0330kad@mail.ru.

Бекжанова Сауле Ертайқызы, т.ғ.д., профессор М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы, Қазақстан; s.bekzhanova@bk.ru

Андатпа. Оңтайландыру міндеті олардың төмен жүктелуі мен шығындылығына байланысты станцияларды жабуды ескере отырып, жол желілері мен көлік тораптарында контейнерлік терминалдардың санын таңдау және орналастыру болып табылады. Бұл ретте станциялар арасында контейнерлік операцияларды қайта бөлудің әртүрлі нұсқаларын ескеру қажет. Бұл терминалдар контейнерлік пункттердің төменгі (тірек) желісіне сүйенуі тиіс, олар өз кезегінде өзара іс-қимыл жасайтын көлік түрлерін неғұрлым ұтымды пайдалануды ескере отырып, бірыңғай жүйе ретінде қарастырылады.

Түйінді сөздер: жүкті контейнерлермен тасымалдау, контейнерлік пункттің жұмысы, терминалдағы жүк айналымының құрылымын талдау

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. October 2019. Special issue. ISSN 1609-1817. pp. 252-258

DETERMINATION OF DEPENDENCE OF LENGTH OF A BLOCK-SITE AND RUNNING SPEED ON AN INTER-TRAIN INTERVAL AT THREE-BLOCK DIFFERENTIATION OF TRAINS IN A PACKAGE

ZHanibek Shukamanov, lecturer, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, zh.shukamanov@kazatk.kz

Liliya Vakhitova, PhD, associate Professor, Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, L.Vakhitova@kazatk.kz

Olga Kiseleva, PhD., associate Professor, M. Tynyshpaev Kazakh Academy of transport and communications, Almaty, Kazakhstan, O.Kiseleva@kazatk.kz

Abstract. In this article the calculation of the inter-train interval in a package of trains of one direction at three-block differentiation of trains is considered. The basic calculation formulas for determining the inter-train interval, taking into account the movement of trains on different signals of the traffic light, are determined.

Approximate calculations of the inter-train interval at different lengths of the block sections and with an increase in the running speed of the train are made. Based on the results of calculations, a graph of the dependence of the inter-train interval on the running speed at different lengths of block sections is constructed.

The results of the calculations showed that the minimum inter-train interval is achieved by reducing the length of the block sections, however, due to compliance with the norm of braking distance, reducing the length of the block sections to the minimum is not possible, which in turn does not allow to reduce the inter-train distance.

With increasing speed, regardless of the length of section unit interval between consecutive trains is reduced, but with increasing speed of trains in the package to achieve a high technical rate is practical not possible (motion curves, path, options, way, downs, other speed limits, etc.), which in turn also affects the length of the used block areas.

Keywords: the interval between consecutive trains, auto-lock, pack trains, block of land, interval regulation.

УДК 656.2

Ж.Е. Шукманов¹, Л.В. Вахитова¹, О.Г. Киселева¹

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИНЫ БЛОК-УЧАСТКА И ХОДОВОЙ СКОРОСТИ НА МЕЖПОЕЗДНОЙ ИНТЕРВАЛ ПРИ ТРЕХБЛОЧНОМ РАЗГРАНИЧЕНИИ ПОЕЗДОВ В ПАКЕТЕ

Аннотация. В данной статье рассмотрен расчет межпоездного интервала в пакете поездов одного направления при трехблочном разграничении поездов. Определены основные расчетные формулы для определения межпоездного интервала, учитывая движение поездов на разные сигналы проходного светофора. Произведены примерные расчеты межпоездного интервала при разных длинах блок-участков и при увеличении ходовой скорости поезда. По результатам расчетов построен график зависимости межпоездного интервала от ходовой скорости при различной длине блок-участков.

Ключевые слова: межпоездной интервал, автоблокировка, пакет поездов, блок участок, интервальное регулирование.

Межпоездным интервалом (интервалом между поездами в пакете) называется минимальное время, через которое следуют попутные поезда при определенных расчетных условиях в пакете по перегонам на участке, оборудованном системой интервального регулирования движения поездов [1].

Пакет – это два или более поездов одного направления, следующих один за другим с разграничением межпостовыми перегонами, блок-участками или с разграничением временем. Светофоры на перегонах расставлены так, чтобы обеспечить величину заданного интервала. Однако на участках, вновь оборудуемых автоблокировкой с трехзначной системой сигнализации, согласно ПТЭ расстояние между светофорами должно быть не меньше тормозного пути и, во всяком случае, не менее 1000 м [1].

Интервал между поездами в пакете зависит от так называемого расчетного

расстояния, которым должны быть разграничены поезда, скорости поездов, а при электрической тяге также от мощности устройств электроснабжения. Расчетное расстояние определяется числом составляющих его блок-участков и их длиной. При этом длина каждого блок-участка не может быть меньше тормозного пути поезда в данных условиях профиля пути и скорости следования поезда [1].

Число блок-участков, составляющих расчетное расстояние, определяется тем условием, чтобы впереди идущий поезд не оказывал влияния на следование позади идущего. Для этого поезда, следующие в пакете, должны быть разграничены тремя или двумя блок-участками. В первом случае (ход на зеленый огонь) светофор перед позади идущим поездом всегда показывает зеленый огонь, что создает наиболее благоприятные условия для работы машиниста. Во втором случае (ход на желтый огонь) изменение показания

светофора с желтого огня на зеленый огонь происходит только при приближении позади идущего поезда к светофору, что, хотя и не требует снижения скорости следования поезда, создает напряжение в работе локомотивных бригад.

На сети железных дорог Республики Казахстан в основном применяется принцип трехблочного разграничения поездов – трехзначная автоблокировка. Большинство участков железных дорог оборудованы импульсно-проводной автоблокировкой и автоблокировкой переменного тока (числовая кодовая автоблокировка).

Интервал между поездами в пакете при трехзначной автоблокировке определяется по следующей формуле [2, 3]:

$$I = \frac{L_{\text{рас}}}{g_{\text{ход.скор}}} \times 0,06 \quad (1)$$

где $L_{\text{рас}}$ – расчетное межпоездное расстояние, м; $g_{\text{ход.скор}}$ – средняя ходовая скорость двух поездов в пакете на межпоездном расстоянии, км/час; 0,06 – коэффициент для перевода скорости км/час в м/мин.

Расчетное межпоездное расстояние определяется суммой длин трех блок-

участков при трехзначной автоблокировке и длиной расчетного поезда, по формуле:

$$L_{\text{рас}} = l_{\text{б}y1} + l_{\text{б}y2} + l_{\text{б}y3} + l_{\text{пн}} \quad (2)$$

где $l_{\text{б}y1}, l_{\text{б}y2}, l_{\text{б}y3}$ – длина соответственно первого, второго и третьего блок участков, м; $l_{\text{пн}}$ – длина расчетного поезда, м.

Значение расчетного межпоездного расстояния меняется в зависимости от движения поездов на разные сигналы (зеленый, желтый и красный огни) автоблокировки. Представленная [2] формула предназначена для определения значения расчетного межпоездного расстояния при движении поезда на зеленый огонь автоблокировки.

Расчетное межпоездное расстояние при движении поезда на желтый огонь автоблокировки определяется по формуле:

$$L_{\text{рас}} = l_{\text{б}y1} + l_{\text{б}y2} + l_{\text{с}} + l_{\text{пн}} \quad (3)$$

где $l_{\text{б}y1}, l_{\text{б}y2}$ – длина соответственно первого и второго блок участков, м; $l_{\text{пн}}$ – длина расчетного поезда, м.; $l_{\text{с}}$ – расстояние для восприятия машинистом поезда сигнала проходного светофора.

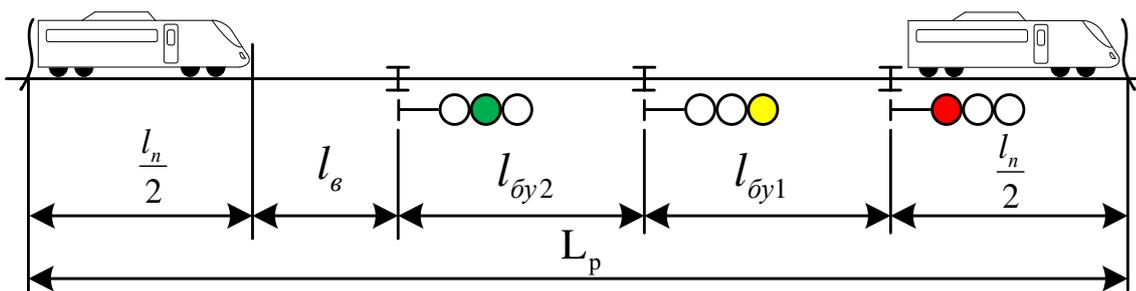


Рис. 1 – Схема движения поезда на желтый огонь при автоблокировке
 Fig. 1 – the scheme of movement of trains on a yellow light when autolock

Расчетное межпоездное расстояние при движении поезда под желтый огонь автоблокировки определяется по формуле:

$$L_{\text{рас}} = l_{\text{б}y1} + l_{\text{с}} + l_{\text{м}} + l_{\text{пн}} \quad (4)$$

где $l_{\text{б}y1}$ – длина соответственно первого блок участков, м; $l_{\text{пн}}$ – длина расчетного поезда, м.; $l_{\text{с}}$ – расстояние для восприятия машинистом поезда сигнала проходного светофора, м.; $l_{\text{м}}$ – длина тормозной пути.

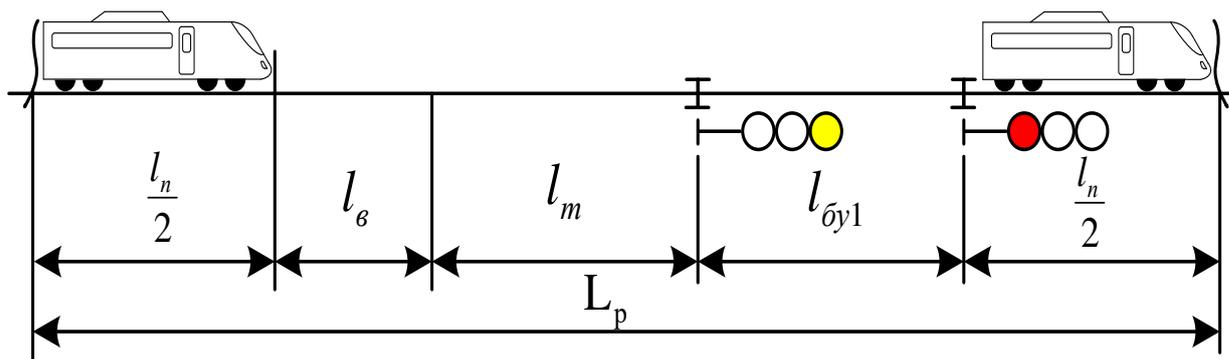


Рис. 2 – Схема движения поезда под желтый огонь при автоблокировке
 Fig. 2 – Diagram of the movement of the train under the yellow light at the autolock

Расчетные формулы межпоездных автоблокировке и разной схеме движения интервалов при трехзначной поездов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетные формулы межпоездных интервалов при разной схеме движения поездов
 Table 1 – calculation formulas of inter-train intervals at different scheme of train movement

№	Значность автоблокировки	Система интервального регулирования движения поездов	Варианты движения поездов	Расчетные формулы
1	Трехзначная	Импульсно-проводная автоблокировка, числовая кодовая автоблокировка	Движение поезда на зеленый огонь	$I = \frac{l_{\text{бy1}} + l_{\text{бy2}} + l_{\text{бy3}} + l_{\text{pn}}}{g_{\text{ход.скор}}} \times 0,06$
2			Движение поезда на желтый огонь	$I = \frac{l_{\text{бy1}} + l_{\text{бy2}} + l_{\text{в}} + l_{\text{pn}}}{g_{\text{ход.скор}}} \times 0,06$
3			Движение поезда под желтый огонь	$I = \frac{l_{\text{бy1}} + l_{\text{в}} + l_{\text{m}} + l_{\text{pn}}}{g_{\text{ход.скор}}} \times 0,06$

Исходя из представленных расчетных формул, можно отметить, что на увеличения и уменьшения межпоездного интервала напрямую влияют следующие параметры:

- длина первого, второго и третьего блок-участка соответственно;
- длина расчетного поезда;

- расстояние для восприятия машинистом поезда сигнала проходного светофора;
- длина тормозной пути;
- средняя ходовая скорость двух поездов в пакете на межпоездном расстоянии.

Длина блок-участков при трехзначной автоблокировке ограничена в

пределах от 1000 до 2200 метров и должна обеспечивать нормы тормозного пути [2, 3].

Анализируя расчетные формулы межпоездного интервала, можно отметить, что при увеличении длины блок-участков в условиях одинаковой и постоянной скорости двух поездов, значение межпоездного интервала увеличивается. Например, произведем расчет межпоездного интервала для двух разных перегонов:

- длина блок-участков первого перегона: $l_{\delta y1} = 1200$ м; $l_{\delta y2} = 1300$ м; $l_{\delta y3} = 1400$ м.;

$$I = \frac{1200 + 1300 + 1400 + 770}{53} \times 0,06 = \frac{4670}{53} \times 0,06 = 5,2 \text{ минут}$$

Межпоездной интервал для второго перегона составит:

$$I = \frac{2000 + 2100 + 2200 + 770}{53} \times 0,06 = \frac{7070}{53} \times 0,06 = 8 \text{ минут}$$

Примерный расчет показал, что минимальный межпоездной интервал достигается при уменьшении длины блок-участков, однако, из-за соблюдения обеспечения нормы тормозного пути сокращения длин блок-участков до минимального не возможна, что в свою очередь не позволяет уменьшить межпоездное расстояние.

Одним из ключевых факторов, влияющих на значение межпоездного интервала, является средняя ходовая скорость поездов как минимум двух поездов в пакете, и конечно ее увеличение дает возможность минимизировать межпоездной интервал, тем самым обеспечивая максимальную пропускную способность того или иного участка.

При увеличении ходовой скорости поездов в пакете, также и уменьшается влияние длины блок-участков на величину межпоездного интервала.

- длина блок-участков второго перегона: $l_{\delta y1} = 2000$ м; $l_{\delta y2} = 2100$ м; $l_{\delta y3} = 2200$ м.;

- длину расчетного поезда принимаем порядка 770 метров (55 условных вагонов);

- средняя ходовая скорость поездов принимаем условно – 53 км/час.

Произведем расчет при движении поезда на зеленый огонь, в данном случае, межпоездной интервал для первого перегона составит:

В качестве примера произведем расчет для трех разных перегонов, у которых длина блок-участков $l_{\delta y1}, l_{\delta y2}, l_{\delta y3}$ составляют следующее условно:

- длина $l_{\delta y1}, l_{\delta y2}, l_{\delta y3}$ первого перегона – 1300 м.;

- длина $l_{\delta y1}, l_{\delta y2}, l_{\delta y3}$ второго перегона – 1700 м.;

- длина $l_{\delta y1}, l_{\delta y2}, l_{\delta y3}$ третьего перегона – 2100 м.

Для всех вышеуказанных перегонов рассмотрим увеличение средней ходовой скорости поездов в пакете от 10 км/час до 90 км/час с разностью 10 км/час. Длину расчетного поезда принимаем порядка 770 метров (55 условных вагонов) как и в предыдущем примере:

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов межпоездного интервала при увеличении средней ходовой скорости

Table 2 – results of calculations of the inter-train interval with an increase in the average running speed

Средняя ходовая скорость	Межпоездной интервал при $l_{\text{бу}1}, l_{\text{бу}2}, l_{\text{бу}3} - 1300$ м	Межпоездной интервал при $l_{\text{бу}1}, l_{\text{бу}2}, l_{\text{бу}3} - 1700$ м	Межпоездной интервал при $l_{\text{бу}1}, l_{\text{бу}2}, l_{\text{бу}3} - 2100$ м
10 км/час	28,02	35,22	42,42
20 км/час	14,01	17,61	21,21
30 км/час	9,34	11,74	14,14
40 км/час	7,005	8,805	10,605
50 км/час	5,6	7,044	8,484
60 км/час	4,67	5,87	7,07
70 км/час	4,002	5,031	6,06
80 км/час	3,5	4,4	5,3
90 км/час	3,11	3,9	4,71

Зависимость межпоездного интервала от ходовой скорости движения поездов в пакете при различной длине блок-участков представлена на рисунке 3.

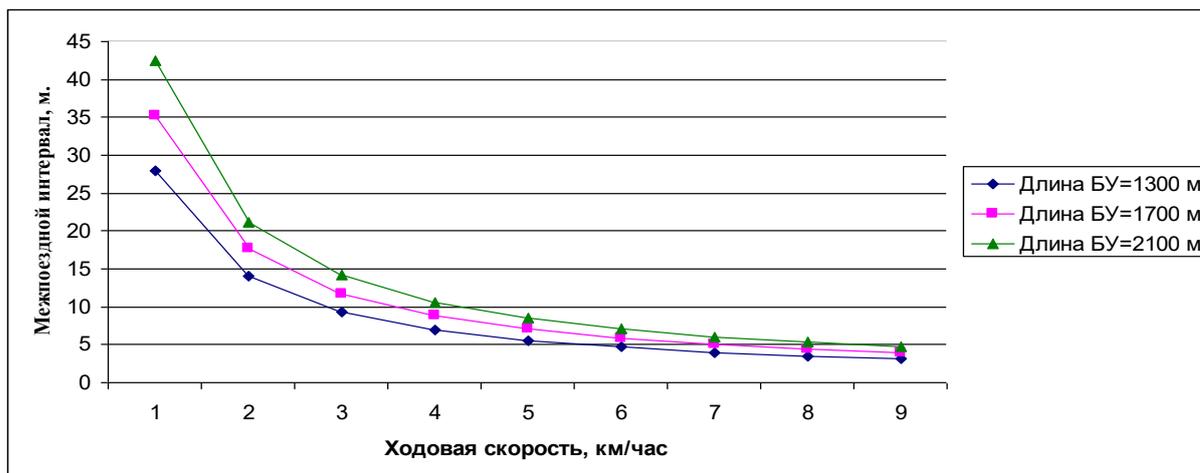


Рис. 3 – Зависимость межпоездного интервала от ходовой скорости при различной длине блок-участков

Fig. 3 – Dependence of the inter-train interval on the running speed at different length of the block sections

При увеличении ходовой скорости движения поездов в пакете достигнуть высокой технической скорости практически не представляется возможным из-за состояния профиля пути железной дороги (движение кривых пути, параметры пути, затяжные подъемы, прочие ограничения скорости и т.п.), что, в свою очередь, также влияет и на длину применяемых блок-участков.

Выводы. Результаты расчетов показали, что минимальный межпоездной интервал достигается при уменьшении длины блок-участков, однако, из-за соблюдения обеспечения нормы тормозного пути сокращение длин блок-участков до минимального невозможно, что, в свою очередь, не позволяет уменьшить межпоездное расстояние.

При увеличении ходовой скорости независимо от длины блок-участка

межпоездной интервал уменьшается, но при увеличении ходовой скорости движения поездов в пакете достигнуть высокой технической скорости практически не представляется возможным (движение кривых пути, параметры пути, затяжные подъемы, прочие ограничения

скорости и т.п.), что, в свою очередь, также влияет и на длину применяемых блок-участков.

При сокращении межпоездного интервала увеличивается пропускная способность железнодорожного участка и плотность движения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Олейник О.А., Бухало Г.И., Кузнецова Т.Г., Шатохин А.А. Основы управления перевозочным процессом. Под.ред. Олейника О.А.: Уч.пос. – М.: РГОТУПС, 2008. – 108 с.
- [2] Васильев А.Б. Влияние систем интервального регулирования движения поездов на межпоездной и станционные интервалы // Вестник транспорта Проволжья. – 2014. – № 4. – С. 86-96
- [3] Семочкин Е.В. Оценки эффективности интервального регулирования движения поездов: дис. ...канд.техн.наук. - М., 2013. – 199 с

REFERENCES

- [1] Oleynik O. A., Bukhalo G. I., Kuznetsova T. G., Shatokhin A. A. *Osnovy upravleniya perevozhnym protsessom. Pod.red. Oleynika O.A.: Uch.pos.* [In Russian: Fundamentals of transportation process management]. Under.Oleynik O. A.: Uch. POS. - M.: RGOTUPS, 2008. – 108 p.
- [2] Vasiliev A. B. *Vliyaniye sistem interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poyezdov na mezhpoyezdnoy i stantsionnyye intervaly* [In Russian: Influence of interval control systems of train traffic on inter-train and station intervals]. Vestnik transports of the Volga Region. – 2014. – No. 4. – P. 86-96
- [3] Semochkin E. V. *Otsenki effektivnosti interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poyezdov* [In Russian: Estimations of efficiency of interval regulation of movement of trains]: dis. ...Cand.tech.sciences'. Moscow, 2013. – 199 p.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИНЫ БЛОК-УЧАСТКА И ХОДОВОЙ СКОРОСТИ НА МЕЖПОЕЗДНОЙ ИНТЕРВАЛ ПРИ ТРЕХБЛОЧНОМ РАЗГРАНИЧЕНИИ ПОЕЗДОВ В ПАКЕТЕ

Жанибек Шукманов, преподаватель Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, zh.shukamanov@kazatk.kz

Лилия Вахитова, кандидат технических наук, доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, L.Vakhitova@kazatk.kz

Ольга Киселева, кандидат технических наук., доцент Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, O.Kisseleva@kazatk.kz

ПАКЕТТЕГІ ПОЕЗДАРДЫ ҮШ БЛОКТЫ АЖЫРАТУ КЕЗІНДЕ БЛОК-ТЕЛІМ ҰЗЫНДЫҒЫНЫҢ ЖӘНЕ ПОЕЗДАРДЫҢ ЖҮРУ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ПОЕЗД АРАЛЫҚ ИНТЕРВАЛЫНА ТӘУЕЛДІЛІГІН АНЫҚТАУ

Шукманов Жанибек - М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, zh.shukamanov@kazatk.kz

Вахитова Лилия - т.ғ.к., доцент, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, L.Vakhitova@kazatk.kz

Киселева Ольга - т.ғ.к., доцент, М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, O.Kisseleva@kazatk.kz

Андатпа. Бұл мақалада поездарды үш блокты шектеу кезінде бір бағыттағы поездар пакетінде поездар аралық интервалының есептелуі қарастырылған. Поездардың өту бағдаршамының әртүрлі сигналдарына қозғалысын ескере отырып, поездар арасындағы интервалды есептеу үшін негізгі есептік формулалар анықталды. Учаскелер блогының әртүрлі ұзындықтары кезінде және поездың жүріс жылдамдығы ұлғайған кезде поездар аралық интервалының болжамды есептеулері жүргізілді. Есептеу нәтижелері бойынша блок-учаскелердің әр түрлі ұзындығы кезінде қозғалыс жылдамдығынан пойызаралық интервалдың тәуелділік кестесі құрылды.

Түйінді сөздер: поезд аралық интервал, автобұғаттау, поезд пакеттері, блок телім, интервалды реттеу

Подписано в печать 18.10.2019 г. Формат 70x100 ¹/₁₆
Объем 259 стр. Заказ № 693. Тираж 500 экз.
Бумага офсетная 80 г.
Отпечатано в ТОО «Power Print»
Адрес: г. Алматы, ул. Мауленова, 110. Тел. +7 (727) 390-75-36