

$K_q$  –отын шығынының коэффициенті-отынның жол шығынының нормативтік мәнге қатынасы

Басқару сапасының көрсеткіштерін өлшеу нәтижелері негізінде олар 2 топқа бөлінді: агрессивті және агрессивті емес жүргізушілер. Содан кейін агрессивті емес жүргізушілер үшін білім беру бағдарламасы ұйымдастырылды, нәтижесінде олар көлік құралын басқарудың нормативтік моделімен және жүргізушіге өз қателіктерін жоюға мүмкіндік беретін басқару сапасының критерийлері.

Таблица 1 - Құрылғының көмегімен тестілеудің орташа нәтижелері

Басқару моделі	$V_c$ , км/ч	$V_{max}$ , км/ч	$V_n$ , км/ч	$k_{опV}$	$q_s$ , л/100 км	$q_n$ , л/100 км	$K_q$
агрессивті	40	84	60,3	2,34	9,0	8,9	1,01
агрессивсіз	39	64	59,7	1,1	7,87	9	0,87
нормативтік	39	59	59,7	1	7,0	9	0,78

Кестеде көрсетілген деректер, басқаруды бақылау үшін құрылғыны қолдану агрессивті жүргізушілерді бөліп көрсетуге және басқару нәтижелері туралы хабардар ететін кері байланыс құру арқылы агрессивті емес жүргізушілердің көлік құралын басқару сапасын жақсартуға мүмкіндік берді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Майборода О.В. Основы управления транспортными средствами категории «В,ВЕ» / О.В. Майборода Издательский центр «Академия», 2019. – 142 с.

[2] Майборода О.В. Основы управления транспортными средствами. Базовый цикл: учебник водителя транспортных средств всех категорий и подкатегорий / О.В. Майборода, А.Л. Травянку. – М.: Издательский центр «Академия», 2020. – 192 с.

[3] Майборода О.В., Каленов Г.К. Вероятностные показатели безопасности дорожного движения/Сб: Современные технологии управления в автотранспортных системах – М.: МАДИ (ГТУ), 2007. – с. 148 – 151.

#### УДК 656.2

Д.Т. Қарағұлова<sup>а</sup>, Б.Г. Баймуратова<sup>б</sup>, Г.К. Кайбулдина<sup>с</sup>

ТОО «Актюбинский колледж» АО «Казахская академия транспорта и коммуникации им. М.Тынышпаева»

<sup>а</sup>sweet-diko@mail.ru, <sup>б</sup>bahitgul88@mail.ru, <sup>с</sup>kaibuldina@mail.ru

#### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБМОТКИ ЯКОРЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

**Аннотация.** Своевременное выявление неисправностей тяговых машин постоянного тока способствует не только предотвращению поломки дорогостоящего оборудования, но и обеспечению бесперебойной работы подвижного состава. В статье рассматриваются различные методы повышения надёжности тягового электродвигателя, а также способы, позволяющие определить перегрев обмотки электрической машины.

**Ключевые слова:** обмотка якоря, тяговый электродвигатель, теплопередача, коллектор.

**Андатпа.** Тұрақты тоқ тартқыш машиналарының ақауларын уақтылы анықтау қымбат жабдықтардың бұзылуын болдырмауға ғана емес, сонымен қатар жылжымалы құрамның үздіксіз жұмысын қамтамасыз етуге көмектеседі. Мақалада тартқыш электр қозғалтқышының сенімділігін арттырудың әртүрлі әдістері, сондай-ақ электр машинасының орамасының қызып кетуін анықтау әдістері қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** Жәкір орамы, тартқыш электрлі қозғалтқыш, жылуберу, коллектор

**Abstract.** Timely detection of faults of DC traction machines contributes not only to preventing the breakdown of expensive equipment, but also to ensuring the smooth operation of rolling stock. The article discusses various methods of improving the reliability of a traction electric motor, as well as methods to determine the overheating of the winding of an electric machine.

**Keywords:** armature winding, traction motor, heat transfer, collector.

В современных условиях постоянного технического усовершенствования подвижного состава, создания новых высокоскоростных моделей локомотивов и вагонов, способных развивать скорость 200 км/ч и более, повышения мощности грузовых тепловозов и электровозов огромную роль играет надежность электрооборудования. Несмотря на это количество неисправностей электрооборудования подвижного состава намного превышает количество неисправностей и отказов по ходовым частям, автотормозному, автосцепному и прочим видам оборудования.

Своевременное выявление неисправностей способно не только предотвратить поломку дорогостоящего оборудования, но и обеспечить бесперебойную работу тягового подвижного состава, безопасность обслуживающего персонала и пассажиров, т. к. огромное количество возгораний связано именно с выходом из строя электрооборудования (электрических машин, аккумуляторных батарей, повреждений изоляции, контакторов, реле и т. д.).

Электрическое оборудование локомотивов вынужденно работает в экстремальных условиях, значительно отличающихся от условий работы стационарного электрического оборудования. Перепады температуры окружающей среды, влажность или чрезмерная сухость воздуха, ограниченное габаритом локомотива пространство, приводящее к перегреву токоведущих частей, различные воздействия электродинамической природы и прочие неблагоприятные факторы снижают эффективность работы электрических машин, применяемых на тяговом подвижном составе.

Наиболее уязвимой при воздействии критических температур является обмотка электрических машин. Механический и тепловой износ изоляции вызывает её повреждения (к наиболее общим видам повреждения изоляции можно отнести пробой и утечку, а в некоторых случаях – комбинацию данных неисправностей), что является причиной возникновения различных неисправностей электрической (например, повышение напряжения в зоне дефекта) и электродинамической (например, возникновение токов короткого замыкания) природы, а также способствует преждевременному выходу из строя электрической машины.

Перегрев тягового электродвигателя может возникнуть по нескольким причинам, одной из которых является недостаток охлаждающего воздуха. Но независимо от причины возникновения перегрев нарушает контакт между концами проводников обмотки якоря и прорезями петушков коллектора, что вызывает значительное увеличение переходных сопротивлений. Возникновение неравномерных участков нагрева при этом приводит к повреждению изоляции или к обгоранию проводников. Опасные последствия может иметь ослабление бандажей обмотки якорей, так как данная неисправность не имеет каких-либо сигналов, свидетельствующих о ее возникновении.

*Анализ методов исследования теплового состояния тяговых электродвигателей*

До 1977 года для контроля тепловых процессов в электрических машинах широко применялись методы термометра сопротивления и термоэлектрический. Но в 1977 году Харьковским институтом инженеров транспорта были проведены работы по выяснению возможности диагностирования неисправностей тяговых электродвигателей с помощью термоиндикаторов плавления марки ТП. Для выбора точек контроля были изучены данные о характере повреждений этих машин на ряде дорог, и анализ показал, что в общей сложности на долю якоря приходилось около 76% неисправностей, поэтому объектом контроля стали в первую очередь обмотка якоря и коллектор, затем катушка полюсов, межкатушечные соединения, выводы и подшипники. На эти места были нанесены термоиндикаторные метки.

Выбор мест нанесения меток производился с учетом возможности визуального осмотра через смотровые люки в олове двигателя, температуры окружающей среды и теплоперепадов изоляции (на основании теоретических расчетов), но не учитывалось распределение температур по поверхностям вышеперечисленных узлов электрической машины, а также участки, где температура нагрева достигает максимума. При этом термоиндикаторы плавления было рекомендовано наносить перед приемосдаточными испытаниями после заводского или депоовского ремонта, а периодический контроль термоиндикаторных меток должен был производиться во время технического (ТО2) и профилактического (ТО3) осмотров, то есть перегрев узлов тягового электродвигателя невозможно было определить непосредственно во время работы электрической машины, превышение допустимой температуры обмотки якоря можно было зафиксировать только как уже случившийся факт на основании срабатывания термоиндикатора плавления.

В дальнейшем многие научно-исследовательские работы были посвящены изучению оценки температурных характеристик тяговой электрической машины в условиях эксплуатации. В качестве одного из методов было предложено использовать для контроля температуры коллектора и обмоток якоря анализ расхода и температуры охлаждающего воздуха на входе и выходе его из электрической машины.

Но данный метод имеет ряд существенных недостатков, так как при его использовании не учитываются такие существенные факторы, как химический и физический состав охлаждающего воздуха, качество фильтров, технические характеристики вентиляторов. Кроме того, при использовании подобной оценки теплового состояния узлов электрической машины невозможно определить, какие участки поверхности изоляции обмоток нагреваются за наименьший промежуток времени, а также измерить температуру элементов тягового электродвигателя с достаточно высокой точностью.

Наиболее оптимальным в данном случае является метод непосредственной оценки температуры обмотки. При его использовании существует возможность избежать возникновения погрешностей измерения, так как будет производиться измерение непосредственно температуры поверхностей коллектора и якоря электрической машины, а не температуры воздуха, охлаждающего эти узлы.

*Построение математической модели процесса теплопередачи от обмотки к железу якоря.*

Для того чтобы оценить тепловое состояние обмотки якоря тяговой электрической машины, оценить распределение тепловых полей на поверхности ее узлов, была построена компьютерная модель якоря тягового электродвигателя ДКУ-800 (рис. 1) с использованием программного пакета Solid Works, а также его приложения COSMOS Works. Расчет модели производится методом конечных элементов. На рис. 2 представлено построение сетки на поверхности проводников и изоляции обмотки якоря.

В качестве примера компьютерного моделирования в данном программном пакете рассмотрим процесс теплопередачи в пазу якоря от обмотки к железу якоря (рис. 2). Была задана температура проводников как источников теплоты, равная  $150^{\circ}\text{C}$ , а температура поверхностей якоря была приравнена к температуре окружающей среды, т. е.  $20^{\circ}\text{C}$ . При этом, если ранее обмотка якоря в различных расчетах электрических машин заменялась условно однородным телом с усредненными коэффициентами теплопроводности, теплопередачи и т. д., то при использовании в расчете данной модели были учтены особенности химических и физических свойств материалов, из которых изготавливаются рассматриваемые узлы тягового двигателя.

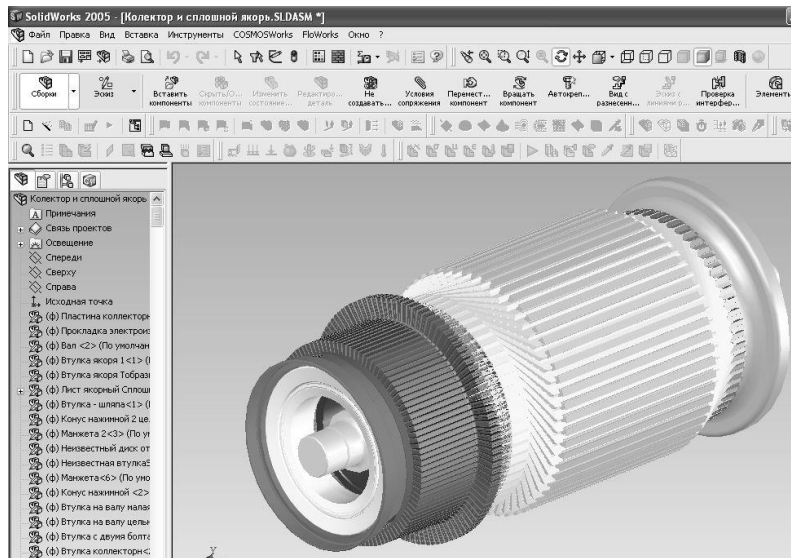


Рисунок 1- Модель якоря тягового электродвигателя

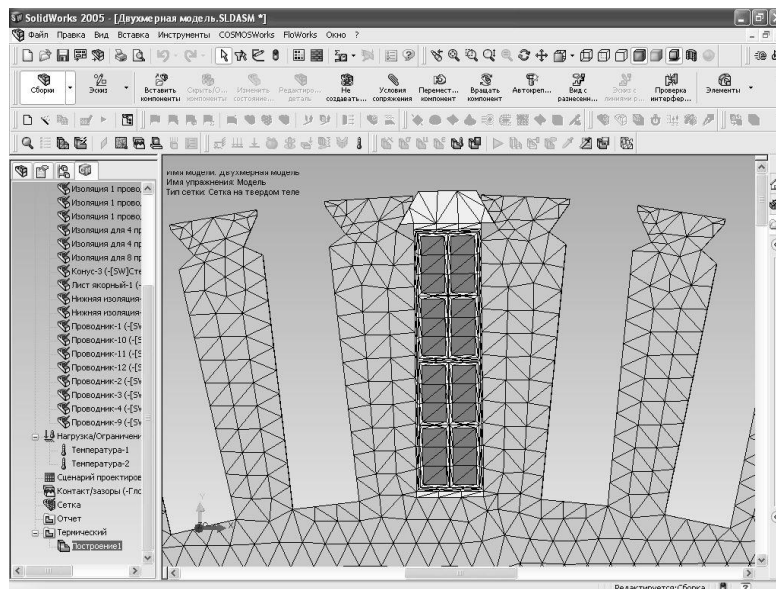


Рисунок 2- Паз якоря тягового электродвигателя ДКУ-800 с уложенной в него обмоткой

После анализа построенной в программе Solid Works модели для паза якоря и обмотки, состоящей из четырех проводников и уложенной в два слоя, были получены представленные на рис. 3 и 4 эпюры распределения тепловых полей.

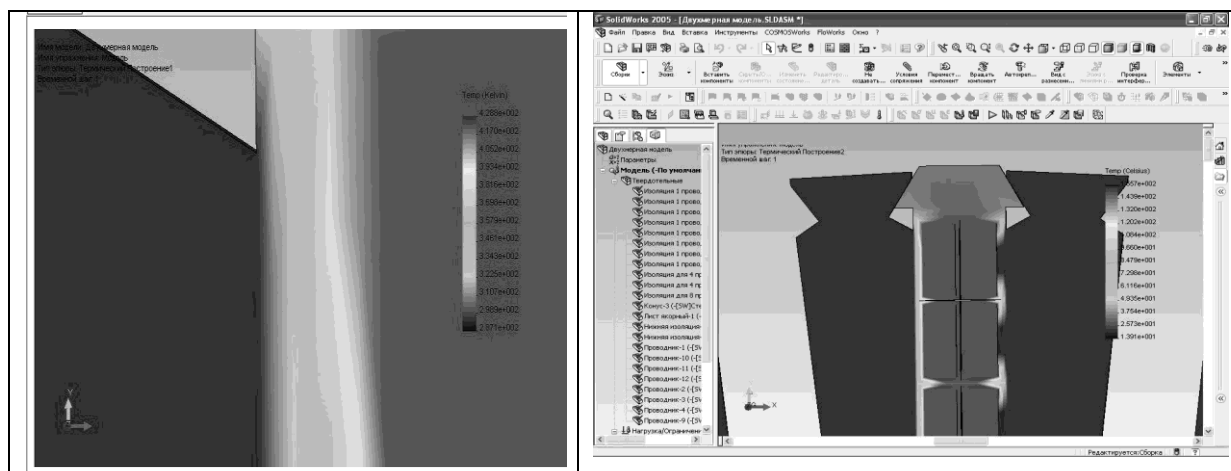


Рисунок 3-4- Моделирование процесса теплопередачи между обмоткой и железом якоря

При использовании построенной математической модели результаты теплового анализа могут быть представлены с достаточной точностью (так как учитывается неоднородность материалов элементов паза якоря, воздушные зазоры между поверхностями проводников и слоями изоляции), также по данной модели можно проанализировать процесс теплопередачи между любыми узлами якоря тягового электродвигателя.

Необходимо отметить, что на данный момент имитационное моделирование является наиболее перспективным направлением анализа состояния узлов подвижного состава, так как можно с достаточной эффективностью оценить различные физические и химические процессы, происходящие не только в отдельной сборочной единице, но и в сложной системе, которой является электрическое оборудование локомотива.

#### *Ограничение превышения допустимых температур обмотки якоря и коллектора*

Проанализировав существующие и ранее применявшиеся методы оценки теплового состояния коллектора и обмотки якоря, можно выделить следующие направления повышения надежности машин постоянного тока.

1. Применение бесконтактных средств измерения теплового состояния коллектора и обмоток якоря позволит получить достаточно точную информацию о температуре составных частей электрической машины. В качестве таких средств бесконтактного измерения температуры поверхности коллектора и якоря могут применяться инфракрасные пирометры.

Принцип действия инфракрасного пирометра основан на измерении абсолютного значения излучаемой энергии одной волны в инфракрасном спектре. На сегодня это относительно недорогой бесконтактный метод измерения температуры. Пирометры могут наводиться на объект с любой дистанции и ограничены лишь диаметром измеряемого пятна и прозрачностью окружающей среды. Также к видимым преимуществам данных средств измерения температуры можно отнести: широкий диапазон измеряемых температур, лазерное наведение, минимальный диаметр измеряемого пятна, высокая точность измерения, возможность применения аналогового или цифрового выхода, запись минимальных, максимальных, усредненных и дифференциальных значений, звуковую сигнализацию при превышении минимального или максимального температурного порога и пр.

2. Рекомендуемые для установки датчиков температуры участки поверхности электродвигателя могут быть выявлены при использовании математической модели тяговой электрической машины (анализ распределения тепловых полей, максимальных и минимальных температур узлов).

Контроль температуры обмоток методом непосредственной оценки может в значительной степени повысить надежность электрической машины, т. к. обслуживающий персонал будет иметь четкое представление о тепловом состоянии коллектора и обмотки якоря, а в случае возникновения перегрева обмотки будет иметь возможность принять срочные меры по устранению неисправности, предупредив тем самым дорогостоящий ремонт электрической машины.

3. Использование сигнала о температуре отдельных элементов тягового электродвигателя в системе автоматического регулирования параметров работы локомотива даст возможность исключить аварийные режимы их работы и увеличить межремонтные пробеги.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Новые электрические машины локомотивов / А. В. Грищенко, Е. В. Козаченко. – М. : ГОУ “Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте”, 2008. – 271 с. – ISBN 978-5-89035-520-1.

[2] Проектирование тяговых электродвигателей / А. С. Курбасов, В. И. Седов, Л. Н. Сорин. – М. : Транспорт, 1987. – 536

**ӘОЖ 504.75.05**

**С.А. Абдибай**

М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы Шымкент көлік колледжі  
[sauir\\_96@mail.ru](mailto:sauir_96@mail.ru)

### ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ АВТОКӨЛІК

**Аннотация.** Автокөлік кешенінің қоршаған орта экологиясына әсерін зерттеу көлік ғылымының өзгеріссіз міндеті болып қала береді. Бензин мен дизель қозғалтқыштарының жұмысы кезінде атмосфераның зиянды заттармен ластану деңгейіне қойылатын талаптар өзгеріп, күшейе түсуде, машиналарға арналған отынға арналған экологиялық стандарттар артып келеді, бірақ айқын өзгерістерді ескере отырып, шығарындылардың уыттылығы әлі де маңызды болып табылады. Автор экологиялық және техникалық факторлардың өзара байланысын білдіреді, экологиялық стандарттар мен жаңа автомобиль техникасының мүмкіндіктерін жақындастыруға арналған инженерлік іздеу бағыттарының даму перспективасын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** экология, адам өмірі, көлік, экологияның алдын алу шаралары

**Аннотация.** Изучение влияния автотранспортного комплекса на экологию окружающей среды остается неизменной задачей транспортной науки. Меняются и все более ужесточаются требования к уровню загрязнения атмосферы вредными веществами при работе бензиновых и дизельных двигателей, повышаются экологические стандарты на топливо для машин, но даже с учетом очевидных сдвигов в лучшую сторону показатели токсичности выхлопных газов по-прежнему критические. Автор обозначает взаимосвязь экологических и технических факторов, показывает перспективу развития тех инженерных направлений поиска, которые призваны сближать экологические стандарты и возможности новой автомобильной техники.

**Ключевые слова:** экология, жизнь человека, транспорт, меры профилактики экологии

**Abstract.** The study of the influence of the motor transport complex on the ecology of the environment remains an unchanged task of transport science. The requirements for the level