

П.А. Кузнецов, А.С. Васенин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРСКОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАЗВОЗНЫХ МАРШРУТАХ

Статья посвящена вопросу корректирования периодичности технического обслуживания пассажирского подвижного состава на региональных развозных маршрутах, так как любое автотранспортное предприятие для эффективной эксплуатации подвижного состава стремится сократить издержки на его эксплуатацию, а сокращение издержек при сохранении заданного уровня обслуживания возможно только при совершенствовании технологии обслуживания подвижного состава.

В рамках статьи установлено, что необходимо проводить корректирование периодичности технического обслуживания пассажирского подвижного состава при выполнении региональных пассажирских перевозок, и предложены варианты по корректированию нормативов периодичности технического обслуживания подвижного состава с учетом региональных факторов. Исследования проводились на примере автотранспортных предприятий Пермского края: Красновишерское АТП (север края), МУП «Гараж» и МУП «Автотранспортник» (юг края), так как все три автотранспортных предприятия на данный момент характеризуются недоиспользованием ресурса основных узлов и агрегатов пассажирского подвижного состава, в частности двигателей и коробок передач, вследствие чего в основу статьи легла гипотеза о возможности уточнения коэффициентов эксплуатации, введенных более 30 лет назад и по сей день используемых данными автотранспортными предприятиями, – в соответствии с Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.

В качестве критерия, который позволит определить необходимость корректирования, была выбрана методика оценки моторного масла двигателя так называемой капельной пробой (по авторскому свидетельству Хмелевой и Пасечникова). В результате исследований была найдена оптимальная периодичность технического обслуживания пассажирского подвижного состава и даны рекомендации по периодичности проведения технического обслуживания пассажирского подвижного состава с учетом возникающих отказов по всем агрегатам.

Ключевые слова: периодичность технического обслуживания, условия эксплуатации, факторы влияния, пассажирский подвижной состав.

P.A. Kuznetsov, A.S. Vasenin

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ADJUSTING THE FREQUENCY OF MAINTENANCE OF PASSENGER ROLLING STOCK ON REGIONAL DELIVERY ROUTES

In the article the issue of adjusting the frequency of maintenance of passenger rolling stock on regional distribution routes is examined, since any trucking company for the efficient operation of rolling stock seeks to reduce the cost of its operation, and reducing costs while maintaining a given level of service is possible only if the rolling stock service technology is improved.

In the framework of the article, it was found that it is necessary to adjust the frequency of maintenance of passenger rolling stock during regional passenger traffic, and the options for adjusting the standards of frequency of maintenance of rolling stock were proposed taking into account regional factors. The studies were carried out by the example of motor transport enterprises of the Perm Territory: Krasnovishersk ATP (north of the Territory), MUE “Garage” and MUE “Avtotransportnik” (south of the Territory), since all the three motor transport enterprises are currently characterized by underutilization of the resource of the main components and assemblies of passenger rolling stock, in particular engines and gearboxes, as a result of which the hypothesis about the possibility of clarifying the operation factors introduced more than 30 years ago and up till now used by these motor transport enterprises, in accordance with the Regulations on the maintenance and repair of the road transport rolling stock.

As a criterion that will allow determining the need for adjustment, the method of evaluating the engine oil with the so called drip sample (according to the copyright certificate of Khmeleva and Pasechnikov) was chosen. As a result of the studies, the optimal frequency of maintenance of passenger rolling stock was found and recommendations were made on the frequency of maintenance of passenger rolling stock, taking into account the failures in all units.

Keywords: frequency of maintenance, operating conditions, influence factors, passenger rolling stock.

Эксплуатация подвижного состава, осуществляющего перевозки пассажиров с учетом новых транспортных стратегий государства, имеет много особенностей, при которых важно обеспечить безопасность транспортного процесса и снизить аварийность при перевозке пассажиров на региональных развозных маршрутах.

Чтобы достичь целевых показателей, необходимо обеспечить минимальное значение вероятности отказа, т.е. максимизировать надежность транспортного средства, при этом сократить эксплуатационные расходы, связанные с выполнением технического обслуживания и текущего ремонта, также обеспечить качество и своевременность перевозки пассажиров, так как это влияет на сферу транспортно-логистических услуги и, как следствие, экономическое развитие региона.

Основой для определения периодичности технических воздействий на пассажирский подвижной состав в Российской Федерации является «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта», утвержденное Министерством автомобильного транспорта РСФСР 20 сентября 1984 г. При этом периодичность технического обслуживания подвижного состава также обозначена и в руководствах по эксплуатации транспортных средств, причем для определения периодичности предполагается использовать коэффициенты корректирования из Положения.

Однако Положение, при всей его универсальности, сводит вариативность условий эксплуатации до пяти категорий и не учитывает изменения условий эксплуатации одного региона внутри категорий. Вследствие этого возникают отказы узлов транспортных средств, обусловленные несоответствующей данным условиям периодичностью обслуживания, либо требуются высокие затраты для восстановления работоспособности из-за принудительно уменьшенных интервалов технического обслуживания, по причине экономии. Таким образом, вопрос корректирования периодичности технического обслуживания подвижного состава актуален и может быть использован как рекомендация в рамках разных по месторасположению автотранспортных предприятий одного региона с различными условиями эксплуатации.

Тема корректирования периодичности технического обслуживания подвижного состава как для научного сообщества, так и для предприятий отрасли не является новой, существует много разного рода публикаций. Помимо этого, каждое предприятие отрасли с учетом внутренней политики проводит свой комплекс мероприятий по техническому обслуживанию подвижного состава и его корректирование. Несмотря на это, объем неизученной информации огромен и присутствуют множество факторов, влияющих на периодичность проведения технического обслуживания подвижного состава.

По факту, алгоритмы корректирования периодичности технического обслуживания, приведенные в литературных источниках, при более детальном рассмотрении с учетом региональных факторов могут быть пересмотрены. Наибольший интерес представляет диссертация на соискание степени кандидата технических наук А.Н. Макаровой, где наиболее значимым является следующее: было установлено, что периодичности технических воздействий на подвижной состав могут быть скорректированы относительно тех, которые приведены в Положении. В результате эксплуатация автомобилей происходит более эффективно: повышается КТГ и КВЛ, снижается износ агрегатов транспортного средства (двигатель, КП) снижаются затраты на текущий ремонт и проведение технического обслуживания.

При проектировании, реализации и проведении испытаний транспортного средства производителем получены оптимальные значения периодичности технического обслуживания его узлов и агрегатов: в частности, рекомендованы к использованию четыре методики определения периодичности технического обслуживания (рис. 1).

Все методики имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Кроме того, вышеприведенные методики определения периодичности технических воздействий на транспортное средство используются в основном при установлении периодичности обслуживания транспортных средств предприятием-изготовителем.



Рис. 1. Методики определения периодичности ТО

В качестве исходных данных для корректирования периодичности технического обслуживания и возможности оценки экономического эффекта используют данные:

- 1) периодичность проведения технического обслуживания на предприятиях (l^* , где * обозначает порядковый номер предприятия);
- 2) сумма денежных средств, которая тратится на выполнение одного технического обслуживания (P^*);
- 3) ресурс узла/агрегата до ремонта (L^*);
- 4) затраты на текущий ремонт детали / узла (c^*).

Математическое описание задачи можно привести к следующему виду:

1. $C1$ – удельные затраты на техническое обслуживание,

$$C1 = P/l^* \tag{1}$$

2. $C2$ – удельные затраты на текущий ремонт,

$$C2 = c^*/L^* \tag{2}$$

Целевая функция представляет собой следующее выражение (экстремум – оптимальная периодичность ТО):

$$D = C1 + C2, \tag{3}$$

где D – суммарные удельные затраты на ТО и ремонт.

Определение экстремума функции будет произведено графически, так как неизвестны законы изменения $C1$ и $C2$.

Исходя из выражения (3), а также (1) и (2), варьируемым параметром становится периодичность проведения технического обслуживания l^* .

Под параметром l^* подразумевается периодичность ТО, определенная заводом-изготовителем транспортного средства. Корректирование производится коэффициентами $K1$ и $K3$ из Положения¹. Именно включением в $K1$ и $K3$ дополнительных факторов возможно изменить период проведения технического обслуживания. Следует определить данные факторы, способствующие корректированию вышеназванных коэффициентов.

В идеальной системе эксплуатации подвижного состава для определения наиболее подходящей периодичности ТО необходимо учитывать ресурс и наработку каждого узла либо детали. Данные части имеют индивидуальную периодичность, поэтому периодичность технического обслуживания может быть уменьшена до ежедневного проведения, что значительно увеличит затраты на ТО и простои подвижного состава.

При фактической эксплуатации транспортных средств для снижения простоев подвижного состава в ТО применяют группировку по стержневым операциям. Основной чертой стержне-

¹ Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.

вых операций является их непосредственное влияние на группу основных параметров транспортного средства, которые:

- обеспечивают дорожную безопасность и нормы экологичности;
- определяют экономичность, надежность и безотказность.

На практике же при определении пробегов до технического обслуживания автотранспортные предприятия используют упрощенную методику корректирования: изготовителем транспортного средства дана периодичность ТО для I категории условий эксплуатации; в случае несоответствия условий эксплуатации требованиям Положения и рекомендациям заводов-изготовителей происходит уменьшение периодичности ТО соответственно понижающим коэффициентам из Положения.

В процессе эксплуатации подвижного состава необходимо учитывать и факторы, влияющие на периодичность подвижного состава. Данные факторы заложены в условия эксплуатации, которые также указаны в Положении, и выделены в соответствии с условиями движения подвижного состава. К ним относятся:

- ◆ место эксплуатации транспортного средства (город малый/большой либо за пределами города);
- ◆ дорожное покрытие (асфальт, гравий, щебень и т.д.);
- ◆ тип рельефа местности, который определяется высотой над уровнем моря.

Необходимо отметить, что корректирование нормативов технического обслуживания и ремонта подвижного состава производится изменением количественного значения нормативов либо изменением перечня операций. Если речь идет о транспорте, предназначенном для перевозки большого числа людей, то изменение перечня операций технического обслуживания сокращением операций будет нести за собой увеличенную вероятность отказа. В связи с этим корректирование необходимо осуществить, изменяя количественное значение норматива.

В соответствии с выбранной категорией условий эксплуатации существуют коэффициенты корректирования нормативов технических воздействий на транспортное средство. К нормативам относятся периодичность проведения технического обслуживания, удельная трудоемкость текущего ремонта, пробег до капитального ремонта и расход запасных частей.

Следующим этапом после определения категории условий эксплуатации идет выбор коэффициентов корректирования нормативов. Существует 5 коэффициентов:

- I. Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации.
- II. Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы.
- III. Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий.
- IV. Коэффициенты корректирования нормативов удельной трудоемкости текущего ремонта и продолжительности простоя в техническом обслуживании и ремонте в зависимости от пробега с начала эксплуатации.
- V. Коэффициент корректирования нормативов трудоемкости технического обслуживания и текущего ремонта в зависимости от количества обслуживаемых и ремонтируемых автомобилей на автотранспортном предприятии и количества технологически совместимых групп подвижного состава.

Также очень важно кроме пяти вышеприведенных коэффициентов учитывать и такой параметр, как квалификация водителя. Под ним будем понимать то, насколько рационально водитель осуществляет вождение транспортного средства: использование замедления ТС посредством торможения двигателем, переход на пониженную передачу при движении на уклон [1].

В рамках данной статьи рассмотрению подлежат первый и третий коэффициенты, так как все маршруты движения подвижного состава объектов исследования: Красновишерское АТП (север края), МУП «Гараж» и МУП «Автотранспортник» (юг края) подразумевают под собой движение до г. Перми в большей степени по асфальтобетону с постоянной скоростью. Соотно-

шение пробега город/трасса составляет 1:5. При этом, в соответствии с Положением, должна быть выбрана категория условий эксплуатации № 3, что не является корректным.

В связи с географической протяженностью Пермского края с севера на юг для проведения анализа условий эксплуатации подвижного состава под условиями эксплуатации следует понимать четыре группы факторов [1]:

1. Дорожные условия, рельеф:

- а) техническая категория дороги;
- б) вид и качество дорожного покрытия;
- в) величина уклонов, спусков.

2. Условия движения:

а) интенсивность движения (количество автомобилей, проходящих через сечение дороги за единицу времени);

б) средняя скорость движения;

в) установившееся движение.

3. Транспортные условия:

а) коэффициент использования пробега;

б) коэффициент использования грузоподъемности.

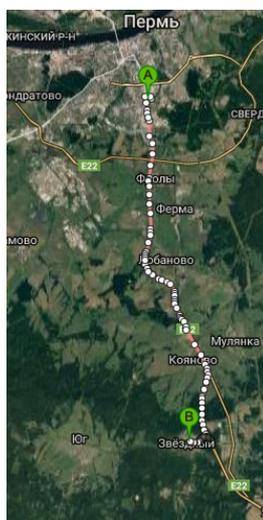
4. Климатические условия:

а) температура окружающего воздуха T , °С;

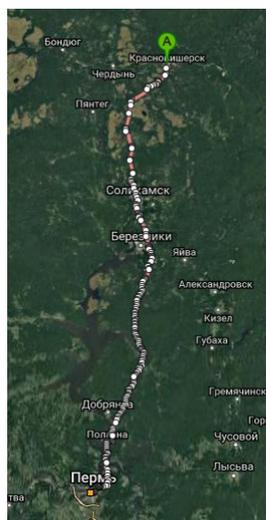
б) влажность, %;

в) ветровая нагрузка.

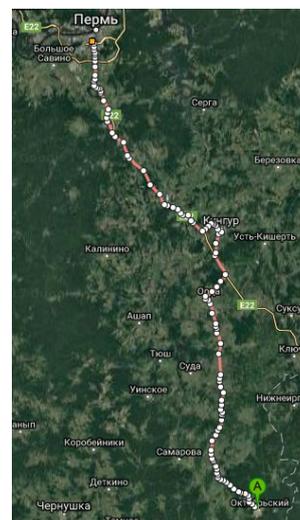
Для рассмотрения влияния факторов, влияющих на корректирование периодичности технического обслуживания подвижного состава, следует проанализировать маршруты движения. С этой точки зрения необходимо выбрать наиболее протяженные маршруты, так как именно они позволят охватить наибольший спектр изменяющихся условий эксплуатации. За основу были взяты маршруты, показанные на рис. 2, а также их профили высот (рис. 3) [2, 3].



п. Звездный – г. Пермь



г. Красновишерск – г. Пермь



п. Октябрьский – г. Пермь

Рис. 2. Исследуемые маршруты движения подвижного состава

Проанализировав полученные данные и соотнеся условия движения с категорией условий эксплуатации, можно отметить: дорожное покрытие во всех случаях относится к типу Д1; тип рельефа местности: г. Пермь – п. Звездный и г. Красновишерск – г. Пермь относятся к типам Р1 и Р2, а маршрут п. Октябрьский – г. Пермь сочетает в себе все три типа рельефа.

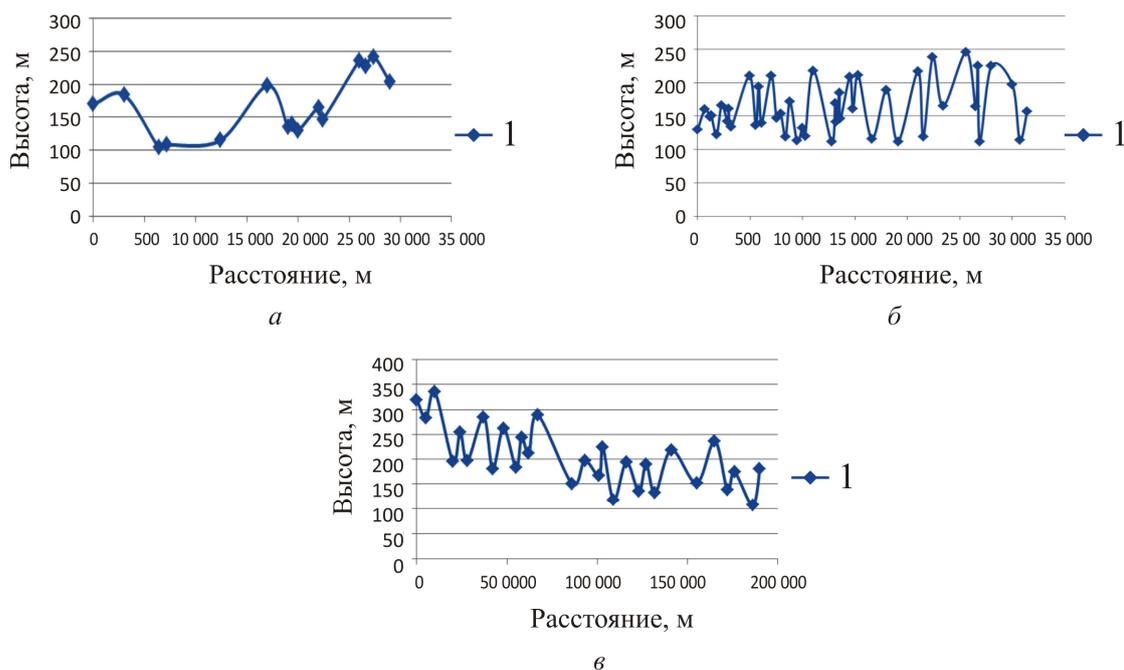


Рис. 3. Профиль высот на исследуемых маршрутах:
 а – маршрут г. Пермь – п. Звездный; б – маршрут г. Красновишерск – г. Пермь;
 в – маршрут п. Октябрьский – г. Пермь

Таким образом, принимая во внимание маршрут движения подвижного состава, дорожное покрытие, можно уточнить категорию условий эксплуатации подвижного состава на данных маршрутах: подвижной состав МУП «Гараж» по маршруту п. Звездный – г. Пермь должен обслуживаться в соответствии с категорией эксплуатации II (движение в пригородной зоне), при этом часть маршрута пролегает в пределах г. Перми и относится к 3-й категории. Подвижной состав Красновишерского АТП на маршруте г. Красновишерск – г. Пермь: часть пути относится к 1-й категории, часть пути – ко 2-й категории (в пределах 50 км от г. Пермь), также есть участок 3-й категории – при движении по г. Перми. Подвижной состав МУП «Автотранспортник» по аналогии с Красновишерским АТП – 1, 2 и 3-й категории условий эксплуатации.

Также при исследовании учитывались метеоусловия на маршрутах (рис. 4), так как отрицательные температуры негативным образом влияют на системы и узлы подвижного состава: образование конденсата в топливном баке приводит к необходимости более частой смены топливных фильтров грубой очистки топлива, замерзанию в них воды [4, 5].

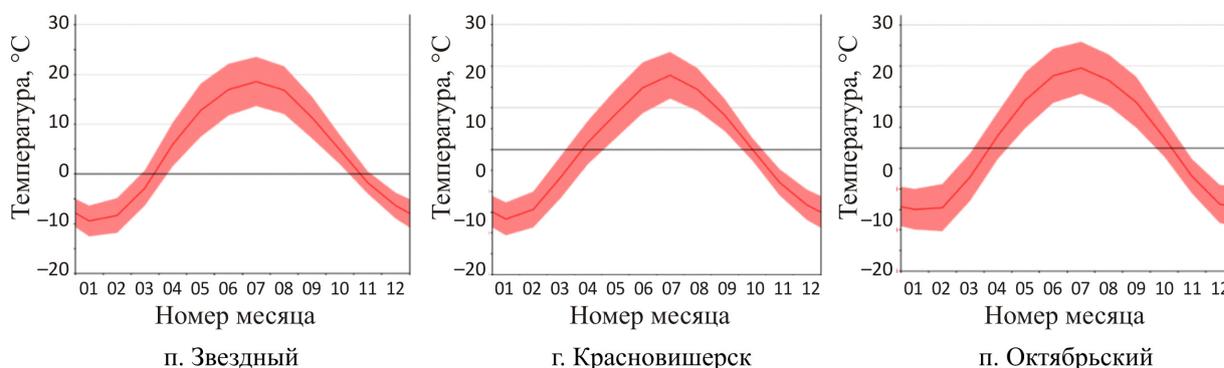


Рис. 4. Среднегодовые температуры в пунктах назначения

Нагрев масла в трансмиссии подвижного состава происходит только за счет выделения тепла непосредственно при ее работе. Как следует из [6], температура масла в картере ведущего моста и в картере коробки передач при движении автобуса не превышает +15 °С (при темпера-

туре окружающего воздуха $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) – соответственно, до того как масло нагреется до такой температуры, происходит повышенный износ деталей – шестерен, подшипников. Данные обстоятельства приводят к тому, что необходимо снижение периодичности технического обслуживания подвижного состава в холодном климате.

Не менее важным фактором воздействия является ветровая нагрузка на маршруте движения подвижного состава, так как ветер, дующий против направления движения, приводит к увеличению расхода топлива, росту расхода масла на угар. При боковом ветре происходит износ деталей рулевого управления и шин [7].

Данные по направлению ветра представлены в табл. 1.

Таблица 1

Анализ преобладающего направления ветра на маршрутах

Населенный пункт	Преобладающие направления ветра	Процент преобладающего направления ветра, %
Маршрут «г. Красновишерск – г. Пермь»		
г. Красновишерск	Ю + Ю-В + Ю-З	45
г. Соликамск	Ю + Ю-В + Ю-З	51
г. Березники	Ю + Ю-З	42,7
г. Полазна	Ю	30
Маршрут «п. Октябрьский – г. Пермь»		
п. Октябрьский	Ю-З + Ю	40
с. Орда	З + Ю-З	40,8
г. Кунгур	Ю + Ю-З + З	64
п. Звездный	Ю-З	38
г. Пермь	Ю + Ю-З + З	53,4
Маршрут «п. Звездный – г. Пермь»		
П. Звездный	Ю-З	38
д. Лобаново	Ю-З + З	42
г. Пермь	Ю + Ю-З + З	53,4

Следует отметить, что коэффициент аэродинамического сопротивления автобусов изменяется в интервале 0,96–0,92, т.е. автобусы в значительной степени подвержены влиянию встречного ветра. С этой точки зрения возможно корректирование коэффициента климатических условий умножением его на коэффициент ветровой нагрузки $K_{\text{ветр}} = 0,95$.

В процессе исследования был взят еще один фактор – средняя скорость движения подвижного состава на маршруте (рис. 5).

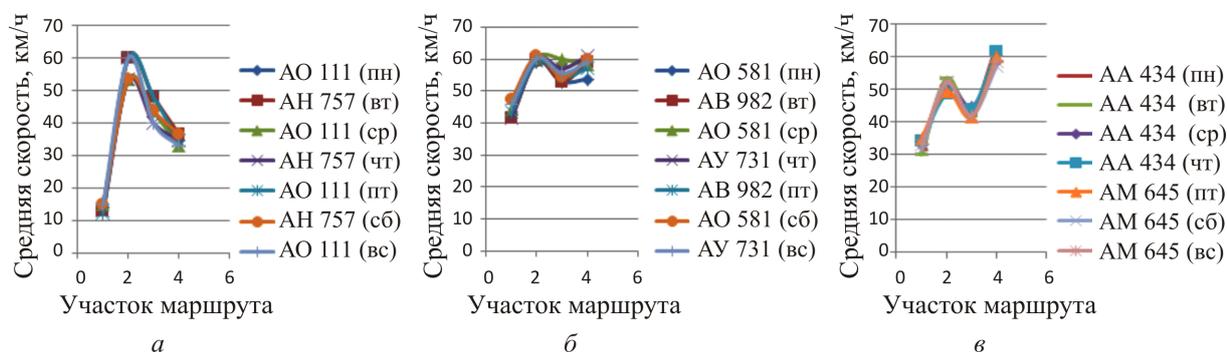


Рис. 5. Средняя скорость на маршрутах: а – маршрут п. Звездный – г. Пермь; б – маршрут г. Красновишерск – г. Пермь; в – маршрут п. Октябрьский – г. Пермь

Для организации перевозок по рассматриваемым маршрутам используется подвижной состав, относящийся к среднему классу (ПА3-4235, КАВ3-4238) и большому классу (НефАЗ-5299 «Турист», ЛиАЗ-5256). Автобусы среднего класса, как и автобусы большого класса, относятся

к технологически совместимым группам: техническое обслуживание выполняется на одних и тех же постах посредством одного технологического оборудования, инструмента и оснастки при сходных пробегах, но с учетом условий эксплуатации необходимо вводить корректирование периодичности проведения работ по техническому обслуживанию [8–11].

Для подтверждения необходимости корректирования периодичности технического обслуживания предполагается выбрать критерий, объективное значение которого даст представление о существующих отклонениях параметров технического состояния от нормы. В качестве критерия предполагается использовать результаты анализа проб моторного масла используемого подвижного состава. В качестве метода исследования использована оценка свойств моторного масла капельной пробой [12]. Методика подробно описана в авторском свидетельстве СССР № 201768, принадлежащем Н.С. Пасечникову и Н.М. Хмелевой. Методика позволяет оценить моюще-диспергирующие свойства моторного масла, а также наличие механических примесей [13–15].

В ходе исследования были отобраны 33 пробы моторного масла с автобусов – 7 проб с предприятия МУП «Гараж», 17 проб – с предприятия ООО «Пассажирыские перевозки», а также 9 проб с МУП «Автотранспортник». Анализ проб был произведен после сушки в течение 24 ч при соответствующих температурах.

В результате были получены результаты динамики изменения коэффициентов моюще-диспергирующих свойств и механических примесей. При этом для более точного анализа тенденции изменения коэффициентов было выбрано по одной единице подвижного состава с каждого предприятия, характеризующейся наименьшим пробегом с начала эксплуатации. С этого транспортного средства пробы моторного масла были отобраны через каждые 1000 км пробега, на основании результатов рассчитаны коэффициенты моюще-диспергирующих свойств, а также механических примесей. Полученные результаты представлены на рис. 6.

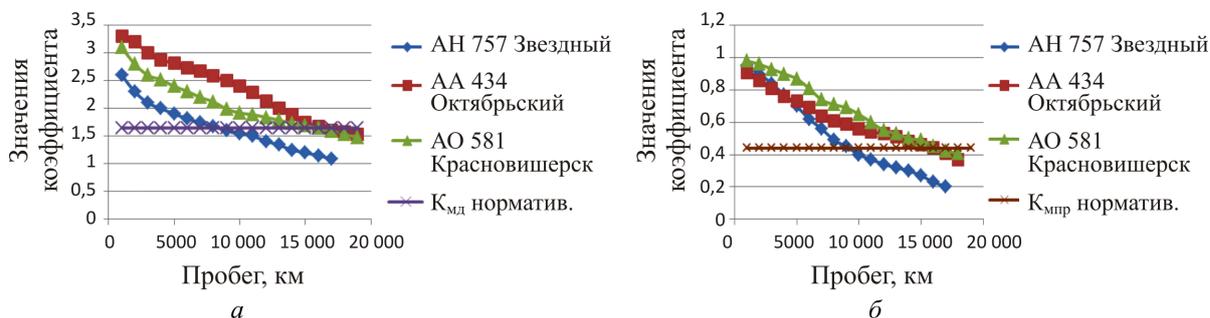


Рис. 6. Графики изменения моюще-диспергирующих свойств (а) и изменения коэффициента содержания механических примесей моторного масла (б)

Интенсивность движения на маршруте движения, а также средняя техническая скорость транспортного средства учитываются в Положении косвенно. Категория условий эксплуатации выбирается в соответствии с типом дорожного покрытия, рельефом местности, а также местом эксплуатации транспортного средства. С учетом этого предприятия обслуживают свой подвижной состав следующим образом: Красновишерское АТП и МУП «Автотранспортник» придерживаются первой категории условий эксплуатации для автобусов, а МУП «Гараж» обслуживает подвижной состав с учетом второй категории условий эксплуатации. При этом расстояние, которое проходят автобусы по территории г. Перми, составляет 12 км для маршрута «г. Пермь – г. Красновишерск» (1/25 общей протяженности маршрута) и по 5 км для автобусов МУП «Гараж» (1/7 общей протяженности маршрута) и МУП «Автотранспортник» (1/20 общей протяженности маршрута). «Пригородная зона», радиус которой по Положению составляет 50 км, полностью включает в себя рассматриваемый маршрут движения автобусов МУП «Гараж», а также составляет 1/2 от протяженности маршрута движения автобусов Красновишерского АТП (с учетом таких городов, как Соликамск и Березники – общая протяженность 300 км, пригородная зона – 50 км от границы города, которая составляет 50 км для г. Перми, 50 км для г. Соликамска и 50 км

для г. Березники) и 1/2 протяженности маршрута автобусов МУП «Автотранспортник» (с учетом г. Кунгура).

Следует отметить, что термин «пригородная зона» подразумевает под собой использование нормативов II категории условий эксплуатации (коэффициент 0,9 для норматива, корректирующего периодичность технического обслуживания). С учетом вышеизложенного, на наш взгляд, является целесообразным использовать несколько иной коэффициент, корректирующий периодичность технического обслуживания с точки зрения категории условий эксплуатации. Расчет периодичности технического обслуживания при этом производится по весовым коэффициентам:

1. Для Красновишерского АТП коэффициент корректирования периодичности ТО по условиям эксплуатации составит:

$$K_{\text{Красновишерск}} = K_1 - \frac{(K_1 - K_2)}{2} - \frac{(K_1 - K_3)}{25} = 1 - \frac{1 - 0,9}{2} - \frac{1 - 0,8}{25} = 0,942, \quad (4)$$

где 0,05 – коэффициент учета «пригородной» части маршрута (0.1/2); 0,008 – коэффициент учета «городской» части маршрута (0.1/25).

2. Для МУП «Автотранспортник» данный коэффициент составит:

$$K_{\text{Автотранспортник}} = K_1 - \frac{(K_1 - K_2)}{2} - \frac{(K_1 - K_3)}{25} = 1 - \frac{1 - 0,9}{2} - \frac{1 - 0,8}{20} = 0,94, \quad (5)$$

где 0,05 – коэффициент учета «пригородной» части маршрута (0.1/2); 0,01 – коэффициент учета «городской» части маршрута (0.1/20).

3. Для МУП «Гараж» возможно введение уточняющего коэффициента с точки зрения участка маршрута, относящегося к третьей категории условий эксплуатации (6):

$$K_{\text{Гараж}} = K_2 - \frac{(K_2 - K_3)}{7} = 1 - \frac{0,9 - 0,8}{7} = 0,886, \quad (6)$$

где 0,014 – коэффициент учета «городской» части маршрута.

Непосредственно корректирование периодичности ТО:

1. Для Красновишерского АТП:

$$L_{\text{ТО-1}} = L_{\text{ТО0}} \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ветр}} = 5000 \cdot 0,942 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 4025 \text{ км}, \quad (7)$$

$$L_{\text{ТО-2}} = L_{\text{ТО0}} \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ветр}} = 20\,000 \cdot 0,942 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 16\,100 \text{ км}. \quad (8)$$

2. Для МУП «Автотранспортник»:

$$L_{\text{ТО-1}} = L_{\text{ТО0}} \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ветр}} = 5000 \cdot 0,94 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 4000 \text{ км}, \quad (9)$$

$$L_{\text{ТО-2}} = L_{\text{ТО0}} \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ветр}} = 20\,000 \cdot 0,94 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 16\,000 \text{ км}. \quad (10)$$

3. Для МУП «Гараж» при условии замены моторного масла на масло другого производителя:

$$L_{\text{ТО-1}} = L_{\text{ТО0}} \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ветр}} = 5000 \cdot 0,886 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 3775 \text{ км}, \quad (11)$$

$$L_{\text{ТО-2}} = L_{\text{ТО0}} \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot K_{\text{ветр}} = 20\,000 \cdot 0,886 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 15\,100 \text{ км}. \quad (12)$$

Проверить оптимальность рассчитанной периодичности технического обслуживания возможно, основываясь на технико-экономической методике, описанной выше. В соответствии с ней зададим исходные данные (табл. 2).

Поясним, каким образом были получены данные числа: среднюю стоимость технического обслуживания подвижного состава предоставили выбранные предприятия в период прохож-

дения преддипломной практики. Стоимость технического обслуживания складывается из стоимости моторного масла, необходимого для замены при ТО-2, стоимости других расходных материалов и элементов (фильтры воздушные и топливные, пластиковые смазки, крепежные элементы), оплаты работ по ТО-2, прочих расходов (электроэнергия, водоснабжение и др.).

Таблица 2

Данные для расчета оптимальной периодичности технического обслуживания технико-экономическим методом

Наименование параметра	МУП «Гараж»	Красновишерское АТП	МУП «Автотранспортник»
Стоимость ТО-2, руб.	5500	10 000	8000/9000
Стоимость ТР, руб.	40 000	60 000	50 000/60 000
Периодичность исходная ТО-2, л, км	16 200	18 000	18000
Периодичность ТО-2 скорректированная, км	15 100	16 100	16 000
Стоимость 1 л масла, руб.	70	190	185
Выработка ТО-2 в зависимости от подвижного состава, н/ч	14 (ЛиАЗ, ЛАЗ, НефАЗ)	14.8 (НефАЗ «Турист», ЛиАЗ «Турист»)	10.4 (ПАЗ (КАВЗ)-4235 (4238) / 14 (НефАЗ)

Стоимость текущего ремонта (ТР) предприятия сообщили примерную, основываясь на затратах на капитальный ремонт двигателя (стоимость работ и деталей), при условии, что ТО-2 со сменой масла и регулировочными работами проводится позже, чем это необходимо, и приводит к недоиспользованию ресурса двигателя.

Расчет оптимальной периодичности ТО технико-экономической методикой, как было указано выше, сводится к поиску минимального значения функции [1]:

$$D = C_1 + C_2 = \frac{P}{l} + \frac{c}{L} = \frac{P}{l} + \frac{c \cdot \sqrt[3]{l + 200}}{55\,000}. \tag{13}$$

В результате расчета были получены следующие данные: оптимальная периодичность технического обслуживания для всех АТП, составляющая 2000 км (что соответствует наименьшему значению целевой функции), и оптимальная периодичность ТО с учетом затрат (рис. 7).

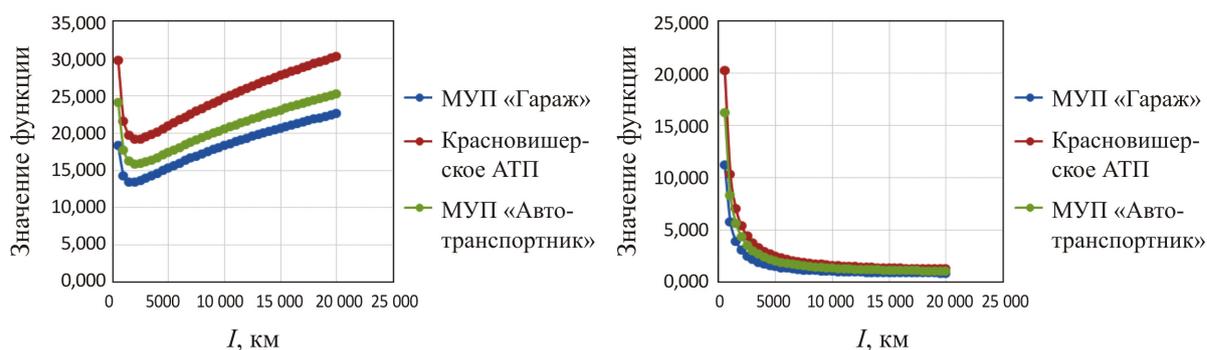


Рис. 7. График определения оптимальной периодичности ТО и график оптимальной периодичности ТО с учетом затрат ТР на 1 км пробега

Как видно из проведенного исследования, корректирование периодичности технического обслуживания пассажирского подвижного состава на региональных развозных маршрутах актуально, так как на основании анализа факторов был сделан вывод о необходимости корректирования коэффициента, учитывающего климатические факторы (с учетом силы ветра), а также корректировки коэффициента по условиям эксплуатации посредством разделения маршрута на участки по разным категориям.

Также можно сделать заключение, что полученный результат связан, вероятнее всего, со следующим фактором: чем дороже стоит текущий ремонт агрегата (детали) и чем меньше стоит операция по поддержанию элемента в исправном состоянии, тем чаще следует проводить контрольно-диагностические работы для недопущения отказа этого узла. Разумеется, проводить техническое обслуживание раз в 2000 км – экономически нецелесообразно. За пробег 16 000 км, следуя логике, затраты на техническое обслуживание составят около 80 000 руб. (каждые 2000 км по 10 000 руб.), что больше, чем стоимость капитального ремонта двигателя автобуса, которую осуществляют примерно через 600 тыс. км.

На основе исследования также можно сделать вывод, что АТП необходимо на регулярной основе проводить контроль моторного масла капельной пробой через найденную периодичность – 2000 км. Это позволит оперативно отслеживать динамику состояния моторного масла и, при необходимости, заменять моторное масло в случае преодоления им допустимых значений по моюще-диспергирующим свойствам и механическим примесям.

Оптимальная периодичность по результатам второго расчета составляет 20 000 км, т.е. максимальное пороговое значение. В случае, если бы расстояние было 30 000 км, именно оно считалось бы оптимальной периодичностью ТО – такая периодичность связана с тем, что стоимость ТР много меньше стоимости ТО. Посредством подбора было выяснено, что оптимальную периодичность ТО, равную в среднем 16 000 км, возможно получить в том случае, если стоимость ТР составляет половину стоимости ТО. При этом периодичность ТО уже будет искусственно подобрана и не может быть выбрана ввиду необъективности. Таким образом, использовать технико-экономический метод возможно лишь с точки зрения определения периодичности отбора капельных проб моторного масла.

В свою очередь экономическая целесообразность снижения периодичности технического обслуживания может быть определена следующим образом: периодичность технического обслуживания предполагается скорректировать на 2000 км для МУП «Автотранспортник» и Красновишерского АТП. Увеличение стоимости эксплуатации подвижного состава составит при этом стоимость одного ТО на каждые девять ТО с интервалом до корректирования:

$$N_{\text{ТО}^*} = 18\,000 \cdot 8 = 144\,000 \text{ км}, \quad (14)$$

$$N_{\text{ТО}} = 16\,000 \cdot 9 = 144\,000 \text{ км}. \quad (15)$$

Под $N_{\text{ТО}^*}$ подразумеваем число ТО при исходной периодичности, под $N_{\text{ТО}}$ – при скорректированной.

За шесть таких циклов автобус будет иметь пробег около 850 000 км – при таком пробеге чаще всего производится капитальный ремонт двигателя на предприятиях в силу следующих признаков: отсутствие тяги, повышенный расход топлива и моторного масла, посторонние звуки при эксплуатации. Переплата с учетом скорректированной периодичности 16 000 км по сравнению с периодичностью 18 000 составляет 60 000 руб., что сопоставимо со стоимостью капитального ремонта агрегата. Однако следует принять во внимание теоретически увеличившуюся наработку агрегата до КР вследствие оптимального подбора периодичности с учетом сохранения моторным маслом противоизносных свойств.

Список литературы

1. Кузьмин Н.А. Теоретические основы обеспечения работоспособности автомобилей: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Форум, 2014. – 272 с.
2. Garmin eTrex 20 Глонасс-GPS [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.garmin.ru/portativnye-turisticheskie-navigatory-cat/etrex-20.html> (дата обращения: 31.03.2020).
3. Построение профиля маршрута онлайн [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.geo-context.org/publ/2010/04/profiler/en/> (дата обращения: 31.03.2020).
4. Влияние низких температур окружающей среды на периодичность технического обслуживания силовых установок дорожных и строительных машин [Электронный ресурс]. –

URL: <http://www.dissercat.com/content/vliyanie-nizkikh-temperatur-okruzhayushchei-sredy-na-periodichnost-tekhnicheskogo-obslyuzhiva> (дата обращения: 31.03.2020).

5. Климатические условия городов по всему миру [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.climate-data.org/> (дата обращения: 31.03.2020).

6. Савич Е.Л., Сай А.С. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие для студентов вузов. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 427 с.

7. Евграфов А.Н. Аэродинамика автомобиля: учеб. пособие. – М.: МГИУ, 2010. – 356 с.

8. Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 4 (97). – С. 168–174.

9. Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Влияние подъемов на маршрутах движения городских автобусов на эксплуатационные показатели // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9 (97). – С. 464–469.

10. Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д., Ясенов В.В. Особенности работы механических коробок передач городских автобусов при эксплуатации на маршрутах с подъемами // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 4. – С. 37–39.

11. Аринушкин Ф.П., Корчажкин М.Г. Оценка влияний условий движения маршрута городского автобуса на эксплуатационные показатели // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXV междунар. науч.-практ. конф. – 2014. – № 6 (31). – С. 33–39.

12. Способ определения необходимости замены масла в дизелях: патент СССР № 201768 / Пасечников Н.С., Хмелева Н.М. 1967. Бюл. № 30.

13. Как проверить качество моторного масла [Электронный ресурс]. – URL: <https://goodmaster.com.ua/avtomobil/kak-proverit-kachestvo-motornogo-masla.html> (дата обращения: 31.03.2020).

14. Способ определения диспергирующе-стабилизирующих свойств [Электронный ресурс]. – URL: <p://www.findpatent.ru/patent/231/2312344.html/> (дата обращения: 31.03.2020).

15. Капельный тест [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.oil-club.ru/forum/topic/5210-kaпельnye-testy-obschaya> (дата обращения: 31.03.2020).

References

1. Kuz'min N.A. Teoreticheskie osnovy obespecheniia rabotosposobnosti avtomobilei: ucheb. posobie dlia studentov vuzov [Theoretical foundations of ensuring the performance of cars: textbook. manual for university students] Moscow, *Forum*, 2014, 272 p.

2. Garmin eTrex 20 Glonass-GPS. Access mode: <http://www.garmin.ru/portativnye-turisticheskie-navigatory-cat/etrex-20.html>. (Date of treatment: 03/31/2020).

3. Postroenie profilja marshruta onlain [Building a route profile online]. Access mode: <http://www.geocontext.org/publ/2010/04/profiler/en/>. The title from the screen. (Date of treatment: 03/31/2020).

4. Vliianie nizkikh temperatur okruzhaiushchei sredy na periodichnost' tekhnicheskogo obslyuzhivaniia silovykh ustanovok dorozhnykh i stroitel'nykh mashin [The effect of low ambient temperatures on the frequency of maintenance of power plants of road and construction machines] Access mode: <http://www.dissercat.com/content/vliyanie-nizkikh-temperatur-okruzhayushchei-sredy-na-periodichnost-tekhnicheskogo-obslyuzhiva> (Date of treatment 03/31/2020).

5. Klimaticheskie usloviia gorodov po vsemu Miru [Climatic conditions of cities around the world]. Access mode: <https://ru.climate-data.org/>. (Date of treatment: 03/31/2020).

6. Savich E.L. Teoreticheskie osnovy tekhnicheskoi ekspluatatsii avtomobilei: ucheb. posobie dlia studentov vuzov [Theoretical foundations of the technical operation of cars: textbook. manual for university students] Moscow, *INFRA-M*, 2015. 427 p.

7. Evgrafov A.N. Aerodinamika avtomobilja: ucheb. posobie. [Aerodynamics of a car: textbook] Moscow. *Moscow State Industrial University*, 2010, 356 p.

8. Korchazhkin M.G. Sovershenstvovanie normativov tekhnicheskoi ekspluatatsii gorodskikh avtobusov [Improving the standards for the technical operation of city buses]. *Transactions of Novosibirsk State Technical University im. R.E. Alekseeva*. 2013, no. 4 (97), pp. 168–174.

9. Korchazhkin M.G., Kuz'min N.A., Kustikov A.D. Vliianie pod'emov na marshrutakh dvizheniia gorodskikh avtobusov na ekspluatatsionnye pokazateli [The impact of lifts on the routes of urban buses on operational performance]. *Fundamental Research*. 2015, no. 9 (97), pp. 464–469.

10. Kuz'min N.A. Osobennosti raboty mekhanicheskikh korobok peredach gorodskikh avtobusov pri ekspluatatsii na marshrutakh s pod'emami [Features of the mechanical gearboxes of city buses during operation on routes with lifts]. *Motor transport enterprise*. 2014, no. 4, pp. 37–39.

11. Arinushkin F.P. Otsenka vliianiia uslovii dvizheniia marshruta gorodskogo avtobusa na ekspluatatsionnye pokazateli [Evaluation of the impact of traffic conditions of a city bus route on operational performance]. *Engineering - from theory to practice: collection. Art. by mater. XXXV Int. scientific-practical conf.* 2014, no. 6 (31), pp. 33-39.

12. Pasechnikov N.S., Khmeleva N.M. Sposob opredeleniia neobkhodimosti zameny masla v dizeliakh [A method for determining the need for an oil change in diesel engines] Patent USSR no. 201768, (1967).

13. Kak proverit' kachestvo motornogo masla [How to check the quality of engine oil]. Access mode: <https://goodmaster.com.ua/avtomobil/kak-proverit-kachestvo-motornogo-masla.html>. (Date of treatment 03/31/2020).

14. Sposob opredeleniia dispergiruiushche-stabiliziruiushchikh svoistv [The method of determining the dispersing-stabilizing properties]. Access mode: [p: //www.findpatent.ru/patent/231/2312344.html/](http://www.findpatent.ru/patent/231/2312344.html/). (Date of treatment 03/31/2020).

15. Kapel'nyi test [Drip test]. Access mode: <http://www.oil-club.ru/forum/topic/5210-kapelnye-testy-obschaya>. (Date of treatment 03/31/2020).

Получено 13.04.20

Об авторах

Кузнецов Павел Александрович (Пермь, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и финансы» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: pk.pnrpu@gmail.com).

Васенин Александр Сергеевич (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Автомобили и технологические машины» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: vaseninalexandr@yandex.ru).

About the authors

Pavel A. Kuznetsov (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Economic Sciences, Associate Professor, Department of Economics and Finance, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: pk.pnrpu@gmail.com); Professor, Perm State Agrarian University of Technology named after Academician D.N. Pryanishnikov (23, Petropavlovskaya st., Perm, 614990, Russian Federation).

Alexander S. Vasenin (Perm, Russian Federation) – Master Student, Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: vaseninalexandr@yandex.ru).