

На правах рукописи

МОСКВИЧЕВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Специальность: 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование
для агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена на кафедре тракторов и автомобилей в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Парлюк Екатерина Петровна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Официальные оппоненты: **Варнаков Дмитрий Валерьевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

Жосан Артур Александрович, кандидат технических наук, доцент, исполнительный директор общества с ограниченной ответственностью «Научная компания» «Инновационные технологии по экспертизе и оценке собственности».

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Санкт – Петербургский государственный аграрный университет»

Защита состоится 25 апреля 2023 г. в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8 (499) 976-21-84.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пуляев Николай Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. На сегодняшний день автомобили и тракторы преобладают над всеми видами транспорта в аграрных предприятиях. Увеличивается количество проблем, связанных с эксплуатацией автомобилей и тракторов. Использование автомобилей сельскохозяйственного назначения с каждым годом увеличивается. Некоторые эксперты приходят к выводу, что через несколько лет необходимость в автотранспорте сельскохозяйственного назначения повысится в 4 раза. Необходимые условия, оказывающие большое влияние на автотранспорт сельскохозяйственного назначения (увеличение грузоподъемности, адаптация к типу груза, увеличение эксплуатационной скорости, снижение потребления горючего, эксплуатация с модулями, снижение трудозатрат на сервисное обслуживание, повышение технической готовности), отражены в модульном транспорте. В полной мере принципы модульности используются при разработке автомобильного транспорта сельскохозяйственного назначения. Перспектива использования транспортных средств модульной конструкции сельскохозяйственного назначения имеет множество плюсов, одним из которых является повышение производительности автотранспортного средства (АТС) за счет максимальной технической готовности транспорта. Существующее техническое обслуживание (ТО) и ремонт автотранспортных средств не дадут возможность эксплуатировать перспективный модульный автомобиль сельскохозяйственного назначения полноценно. Повышение эффективности технологического процесса технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств (МАТС) сельскохозяйственного назначения гарантирует улучшение технической готовности всего автомобильного парка при использовании в агропромышленном комплексе (АПК). Актуальность этого исследования состоит в том, что использование перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения в совокупности с совершенствованием методов ТО МАТС на предприятиях агропромышленного комплекса должно повысить эффективность технологического процесса ТО, что в итоге увеличит экономическую эффективность деятельности всех предприятий АПК.

Степень разработанности темы. Научными основами модульного автомобилестроения, проектирования, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автомобилей и тракторов занимались многие ученые: Авдонькин Ф.Н., Агеев Л.Е., Варнаков Д.В., Высоцкий М.С., Давидович Л.Н., Дидманидзе О.Н., Жосан А.А., Карташов В.П., Масуев М.А., Напольский Т.М., Никрасов Д.И., Нитроян Е.А., Павунин Д.М., Похабов В.И., Пухов Е.В., Старов Н.В., Стенина Д.В., Шейнин А.М., Calmik M., Felix J., Remy E. Все эти ученые внесли огромный вклад в эксплуатацию автомобильного транспорта. Но увеличение автомобильного парка в АПК путем внедрения модульного транспорта и повышение эффективности работ в области ТО сводится к потребности исследований по методам технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения.

Целью работы является повышение эффективности технологического процесса технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть используемые способы, методы проведения технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей в агропромышленном комплексе, осуществить анализ эффективности использования применяемых методов на перспективных модульных грузовых автомобилях сельскохозяйственного назначения.

2. На базе сравнительной оценки выработать предложения по совершенствованию методов технического обслуживания модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения с применением ограниченной выборки показателей технического обслуживания автомобильного транспорта.

3. Разработать методику, алгоритм расчета периодичности и перераспределения операций ТО перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения по критериям безотказности и минимизации удельных затрат ТО.

4. Провести эксперимент и организовать базу данных о надежности, затратах на ТО грузовых автомобилей в качестве аналога показателей технического состояния перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения.

5. Осуществить расчет периодичности и перераспределить операции ТО перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения.

6. Разработать рекомендации по совершенствованию методов ТО для перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения.

Объект исследования. Технологические процессы технического обслуживания автотранспортных средств в АПК.

Предмет исследования. Методы технического обслуживания грузовых автомобилей, принятых в качестве аналога перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения в условиях АПК.

Рабочая гипотеза исследования заключается в том, что повышение эффективности технологического процесса технического обслуживания перспективных МАТС сельскохозяйственного назначения по сравнению с техническим обслуживанием АТС, эксплуатируемых в настоящее время, позволит достичь максимального уровня технической готовности модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения в условиях АПК.

Научная новизна диссертации заключается:

- в разработке математической модели корректирования периодичности технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения с учетом взаимосвязи удельных затрат и периодичности ТО;

- в предложении целесообразной периодичности технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения;

- в разработке алгоритма расчета периодичности и перераспределения операций технического обслуживания для модульных автомобилей сельскохозяйственного назначения по критериям безотказности и минимизации удельных затрат на ТО;

- в обосновании показателя целесообразности замены модуля при периодическом техническом обслуживании модульного грузового автомобиля сельскохозяйственного назначения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Предложенная математическая модель позволяет корректировать периодичность технического обслуживания перспективных МАТС сельскохозяйственного назначения с учетом взаимосвязи удельных затрат и периодичности ТО. Выявлен оптимальный интервал периодичности проведения ТО-L относительно ТО-S с учетом использования автотранспортных средств модульной конструкции сельскохозяйственного назначения.

Практическое значение исследования состоит в использовании разработанной методики, алгоритма расчета периодичности и перераспределения операций технического обслуживания МАТС сельскохозяйственного назначения, сконцентрированного на увеличении производительности модульных автомобилей сельскохозяйственного назначения в АПК. Совершенствованные методы ТО МАТС предполагают: техническое обслуживание для модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения; применение для этого существующей производственно-технической базы (ПТБ); использование имеющихся исполнителей и уровня их подготовки; использование новейшей методики, алгоритма расчета периодичности и перераспределения операций технического обслуживания для определенного автотранспортного парка в АПК, что даст возможность установить целесообразное осуществление ТО в различных условиях эксплуатации перспективного модульного автотранспорта по аспектам предоставления безотказности и уменьшения затрат, а также снижения непредвиденного простоя. Результаты работы внедрены на кафедре тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, предприятии ООО «ДИАМЕХ 2000» и т.д.

Методология и методы диссертационного исследования. Разработанная методика исследования базируется на техническом состоянии грузовых автомобилей, принятых в качестве аналога перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения с применением настоящих сведений автомобильных парков АПК, и кроме того на исследованиях различных ученых. Выбраны два предприятия АПК: «ЭкоНива-АПК» (г. Воронеж) и АО Агрохолдинг «Степь» (г. Ростов-на-Дону). Исследование выполнено с применением математической статистики, теории массового обслуживания, математического моделирования, программирования и использования базы экспериментальных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

- математическая модель корректирования периодичности технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения с учетом взаимосвязи удельных затрат и периодичности ТО;

- методика, алгоритм расчета периодичности и перераспределения операций технического обслуживания модульных автомобилей сельскохозяйственного назначения по критериям безотказности и уменьшения удельных затрат ТО;

- результаты расчета периодичности и удельных затрат технического обслуживания перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения;

- рекомендации по совершенствованию методов ТО перспективных модульных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Подлинность итогов диссертационного изыскания обосновывается на прогрессивных способах проведения эксперимента, употреблением математической модели, применением передового программного обеспечения, апробацией результатов работы. Полученные результаты согласованы с исследованиями других ученых. Положения диссертации были доложены и одобрены: на международной научной конференции молодых ученых и специалистов «Наука молодых – агропромышленному комплексу», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, 2016 г.; на международной научно-практической конференции «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем», г. Казань, 2017 г.; на международной научно-практической конференции «Проблемы разработки перспективных технологических систем», г. Омск, 2017 г.; на международной научно-практической конференции, посвящённой 130-летию Н.И. Вавилова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, 2018 г.; на международной научно-практической конференции «Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях», г. Челябинск, 2018 г.; на международной научно-практической конференции «Роль и место информационных технологий в современной науке», г. Магнитогорск, 2018 г.; на международной научно-практической конференции «Современные наукоемкие инновационные технологии», г. Уфа, 2018 г.; на международной научно-практической конференции «Технические системы и технологические процессы», г. Самара, 2018 г.; на международной научно-практической конференции «Научные революции: сущность и роль развития науки и техники», г. Уфа, 2018 г.; на 5-ой Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте», Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, 2019 г.; на региональных научно-производственных семинарах «Чтения академика В.Н. Болтинского» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, 2022 г.

Личный вклад автора. Автором определены и осуществлены теоретические и экспериментальные исследования, выполнен их анализ, разработан алгоритм расчета периодичности и перераспределения операций технического обслуживания МАТС, представлены основные рекомендации по совершенствованию методов ТО МАТС сельскохозяйственного назначения, выполнены, проанализированы и внедрены результаты исследований.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности. Тема исследования соответствует паспорту специальности 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» (технические науки) Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации, а именно пунктам: 20. «Методы и технические средства обеспечения надежности, долговечности, диагностики, технического сервиса, технологии упрочнения, ремонта и восстановления машин и оборудования», 22. «Организация технического сервиса, ремонта, хранения, рециклинга, утилизации машин и оборудования».

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 33 научно-методических работах, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК России и 1 в Web of Science.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 250 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 47 рисунков, 33 таблицы, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 127 наименований, в том числе 8 – на иностранном языке и 10 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована рабочая гипотеза, цель и задачи, научная новизна, практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ» представлены оценка модульной архитектуры, конструктивные особенности МАТС, анализ исследуемого перспективного модульного грузового автомобиля сельскохозяйственного назначения. Рассмотрена научно-техническая литература по техническому обслуживанию АТС, проанализированы методы ТО АТС, описывается их влияние на перспективные МАТС сельскохозяйственного назначения, которые не отвечают заявленной технической готовности МАТС. Выявлено, что перспективный МАТС сельскохозяйственного назначения состоит из составных частей (модулей). Модуль рулевого управления инкорпорирует поворотное устройство и седельно-сцепной механизм, объединенный рамой. Рабочее место и органы управления представляют собой модуль кабину АТС. Тяговый модуль включает в себя силовой агрегат и ведущие колеса. Соединения трех модулей образуют одноосный тягач сельскохозяйственного назначения. Также используется грузовой модуль, представляющий собой платформу с рамой. Путем присоединения тягового и грузового модуля можно получить АТС сельскохозяйственного назначения для различных нужд, представленное на рисунке 1. Настоящий образец стал результатом исследований шведских

ученых и конструкторов, выполненный на базе Scania R420. Целая идея базируется на использовании модульных АТС сельскохозяйственного назначения, представленных на рисунке 2, имеющих свой ДВС и способных вливаться в процесс транспортировки в зависимости от необходимости.

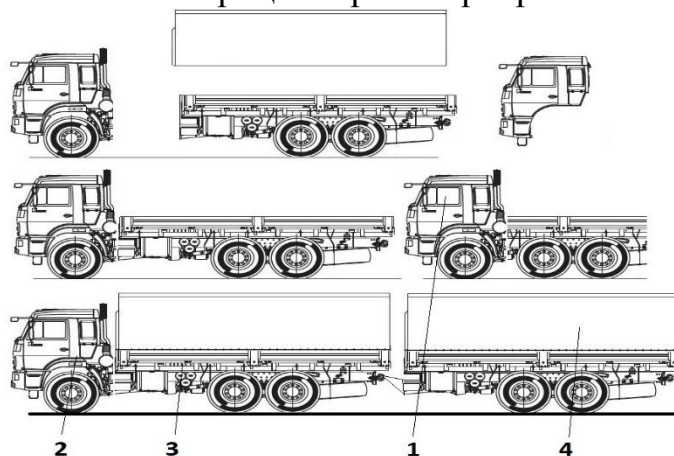


Рисунок 1 – Компонентные схемы модульного автотранспорта: 1 – модуль кабина; 2 – модуль рулевого управления; 3 – тяговый модуль; 4 – грузовой модуль.



Рисунок 2 – Модульный автомобиль сельскохозяйственного назначения Scania

Такое МАТС сельскохозяйственного назначения похоже на многофункциональный автопоезд, контролируемое из главного модуля. Транспортировка зерна, удобрений, различных химикатов требуют использования различных грузовых модулей. Грузовые модули могут быть взаимозаменяемы и использоваться в соответствии с назначением.

Определено, что безотказность автомобиля, а также техническая готовность базируется на предупредительном техническом влиянии по предоставлению установленной степени безотказности возобновляемого в эксплуатации АТС на испытательно-ремонтном периоде по ГОСТ 27.002-2015:

$$P \{T_o \geq l_{TO}\} \geq Y_i, \quad (1)$$

где P – допускаемая вероятность безотказной работы автомобиля; T_o – средняя наработка на отказ, км; l_{TO} – планируемый пробег автомобиля до ТО, км; Y_i – гамма доверительная вероятность безотказной работы деталей АТС.

Необходимо отметить, что детали автомобиля, обеспечивающие безопасность и безотказность на автотранспорте (колеса, рулевое управление, тормоза, стеклоочистители, внешние световые приборы) $Y_i = 0,9 \dots 0,99$, элемент технической готовности (системы выпуска, питания зажигания, двигатель) составляет $Y_i = 0,85 \dots 0,89$. 65 % элементов АТС подвержены регулировке и ремонту, сосредоточены на наименьшие расходы, сопряжены с обеспечением автомобиля в исправном состоянии. Далее необходимо выделить предложения по совершенствованию методов ТО МАТС согласно выбранным стратегиям ТО АТС.

Во второй главе «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ» разработана методика проведения исследования. Выявлены предложения по совершенствованию методов технического обслуживания и ремонта перспективных МАТС путем перераспределения работ ТО и ремонта по

модулям ТО-S и ТО-L и их замену если ТО и ТР выполняются более 40 минут. Рассматривается гипотеза по использованию двухэтапной (ТО-S и ТО-L) системы технического обслуживания перспективных МАТС. С целью обеспечения заданного подхода необходимо определить интервал периодичности (I) по техническому обслуживанию МАТС для ТО-S и ТО-L, а также задать условия проведения ТО МАТС: модульная концепция определяется отдельной периодичностью на всем ТО; система проведения ТО должна обеспечивать минимальный уровень затрат; уменьшение расходов не должно отрицательно воздействовать на безотказность МАТС; учитывать целесообразность проведения мелкого обслуживания, в котором не требуется замена модуля. Построение математической модели начинается с зависимости периодичности от удельных финансовых затрат ТО МАТС. Задача состоит в определении периодичности и объёмов работ при ТО МАТС в частности:

$$C_{уд} = f(l_{TOi}) \rightarrow \min \quad (2)$$

где $f(l_{TOi})$ – зависимость удельных затрат от периодичности ТО для агрегатов и модулей МАТС.

Для моделирования технической эксплуатации МАТС применяется анализ усеченных данных. Представлен МАТС из N модулей. Самостоятельный i компонент ($i=1...N$) складывается из m_i составляющих, а каждая j составляющая i объекта ($j=1...m_i$) оценивается как объект предупредительного влияния на основаниях: методы ТО для МАТС и его модулей; уменьшение затрат на ТО; обеспечение безотказности МАТС. Тогда целевая комплексная функция имеет вид:

$$C_{\Sigma уд}(l) = \sum_{i=1}^m C_{oi}^{уд} + \sum_{j=1}^N C_{ni}^{уд} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $C_{\Sigma уд}(l)$ – общие суммарные удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт МАТС, руб./км; $\sum_{i=1}^m C_{oi}^{уд}$ – суммарные удельные затраты на техническое обслуживание агрегатов и модулей МАТС, руб./км; $\sum_{j=1}^N C_{ni}^{уд}$ – суммарные удельные затраты на ремонт агрегатов и модулей МАТС, руб./км;

С учетом выражения 3 целевая комплексная функция представлена:

$$C_{\Sigma уд}(l) = \sum_{i=1}^m \frac{C_{oi}}{l_{TOi}} + \sum_{j=1}^N \frac{C_{ni}}{T_{oi}} = \sum_{i=1}^m \frac{(C_{ki} + K_{pi} C_{pi})}{l_{TOi}} + \sum_{j=1}^N \frac{C_{ni}}{T_{oi}} \rightarrow \min, \quad (4)$$

при условии $y_i \leq P$, $K_{ТТ} \min \leq K_{ТТ} \leq K_{ТТ} \max$

$$\begin{aligned} P_{i1} = \varphi_1(l_{TOi}) = \overline{P_{l1}} & \quad \Phi_{i1} = \psi_1(l_{TOi}) = \overline{\Phi_{l1}} \\ P_{i2} = \varphi_2(l_{TOi}) = \overline{P_{l2}} & \quad \Phi_{i2} = \psi_2(l_{TOi}) = \overline{\Phi_{l2}} \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots & \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ P_{im} = \varphi_m(l_{TOi}) = \overline{P_{im}} & \quad \Phi_{ik} = \psi_k(l_{TOi}) = \overline{\Phi_{ik}} \end{aligned}$$

где $\sum_{i=1}^m C_{oi}$ – суммарные затраты на техническое обслуживание агрегатов и модулей МАТС, руб.; $\sum_{j=1}^N C_{ni}$ – суммарные затраты на ремонт агрегатов и модулей МАТС, руб.; l_{TOi} – периодичность технического обслуживания для агрегатов и модулей МАТС, км; T_{oi} – средняя наработка на отказ модулей и агрегатов МАТС, км; где C_{ki} – затраты по диагностической части операции, руб. C_{pi} – затраты по исполнительной части, руб.; K_{pi} – коэффициент повторяемости; P – вероятность безотказности после ТО и ТР МАТС; y_i –

доверительная вероятность безотказной работы модульного элемента конструкции МАТС; $K_{\text{ТГ}}$ – коэффициент технической готовности (\min – минимальный и \max – максимальный). $P_{i1}, P_{i2} \dots \overline{P_{1m}}$ – показатели безотказности при расчете периодичности и затрат на ТО МАТС; $\Phi_{i1}, \Phi_{i2} \dots \overline{\Phi_{ik}}$ – показатели функциональных свойств МАТС; $\varphi_1(l_{\text{ТО}i}) \dots \varphi_m(l_{\text{ТО}i})$ – зависимость показателей безотказности от периодичности ТО для МАТС; $\psi_1(l_{\text{ТО}i}) \dots \psi_k(l_{\text{ТО}i})$ – зависимость показателей функциональных свойств от периодичности ТО для МАТС.

При аналитическом решении для аппроксимации можно воспользоваться полином второй степени, тогда целевая функция 4 нелинейная и имеет вид:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{уд}} &= C_0 + C_1 l + C_2 l^2 \rightarrow \min \\
 \text{при условии } y_i &\leq P_i, K_{\text{ТГ}} \min \leq K_{\text{ТГ}} \leq K_{\text{ТГ}} \max, \\
 P_1 &= a_{01} + a_{11} l + a_{21} l^2 = \overline{P_1} \\
 P_2 &= a_{02} + a_{12} l + a_{22} l^2 = \overline{P_2} \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 P_m &= a_{0m} + a_{1m} l + a_{2m} l^2 = \overline{P_m} \\
 \Phi_1 &= b_{01} + b_{11} l + b_{21} l^2 = \overline{\Phi_1} \\
 \Phi_2 &= b_{02} + b_{12} l + b_{22} l^2 = \overline{\Phi_2} \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 \Phi_k &= b_{0k} + b_{1k} l + b_{2k} l^2 = \overline{\Phi_k}
 \end{aligned} \tag{5}$$

Применим уровень вклада операций по уменьшению затрат в ТО и ТР:

$$D = \frac{C_n^{\text{уд}} - C_o^{\text{уд}}}{C_n^{\text{уд}}}, \tag{6}$$

Далее применяется преобразованная ведущая функция потока отказов:

$$\Omega(E_0) = \frac{0,5 \left(\frac{V^2}{K_T} + 1 \right) E_0^{1/V}}{1 + E_0}, \tag{7}$$

где E_0 – коэффициент периодичности при наработке на отказ; V – коэффициент вариации отказов; K_T – коэффициент восстановления ресурса.

Далее уровень вклада обозначается относительно выражений 6, 7, а также с учетом безотказной работы АТС:

$$D = \frac{1 - \left(K_n + 0,5 E_0^{\frac{1}{V}} \left(\frac{V^2}{K_T} + 1 \right) \right)}{1 + E_0}, \tag{8}$$

где K_n – коэффициент относительных затрат ТО АТС.

Необходимо оценить показатели безотказности АТС и МАТС, представленные на рисунке 3. После прохождения ТО АТС продолжает работу, безотказность АТС в заштрихованной области рисунка 3 продолжается согласно представленным значениям. Далее представлена вероятность безотказной работы МАТС при необходимости замены модуля до заданной наработки на отказ. В этом случае модуль при наработке $l_{\text{м}1}$, в которой имеется

периодичность ТО, меняется на готовый модуль и автомобиль продолжает движение до следующего ТО в l_{M2} . Нарботка на отказ МАТС - $T_{OMi} \dots T_{OMn}$ для каждого модуля имеет свое значение.

Пробег модульного автомобиля до окончательного отказа может быть увеличен количеством модулей в МАТС и представляет значение $L_n \dots L_{Mn}$. Заштрихованная область вероятности безотказной работы соответствует равномерному распределению на отказ, представленному на рисунке 4.

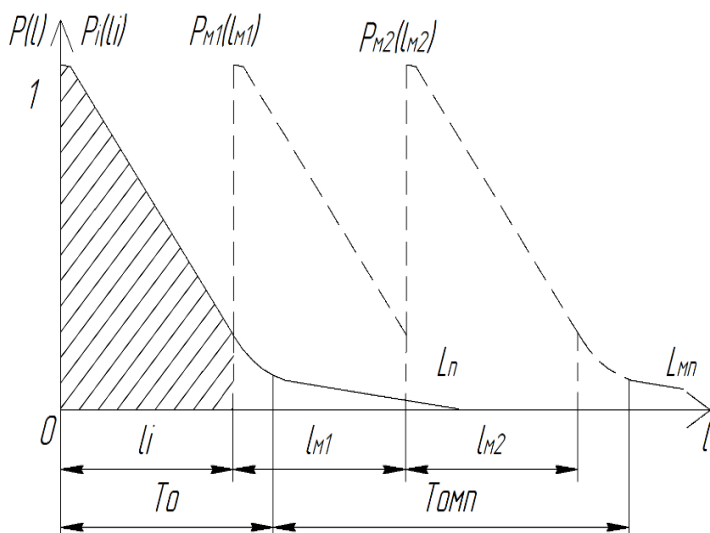


Рисунок 3 – Вероятность безотказной работы АТС и МАТС: $P_i(l_i)$ и $P_{M1,2,\dots,n}(l_{M1,2,\dots,n})$ – безотказность АТС и МАТС в интервале l_i и $l_{M1,2,\dots,n}$; l_i и $l_{M1,2,\dots,n}$ – средняя наработка АТС и МАТС; T_0 и T_{OMn} – ожидаемая средняя наработка на отказ АТС и МАТС; L_n и L_{Mn} – пробег до списания АТС и МАТС.

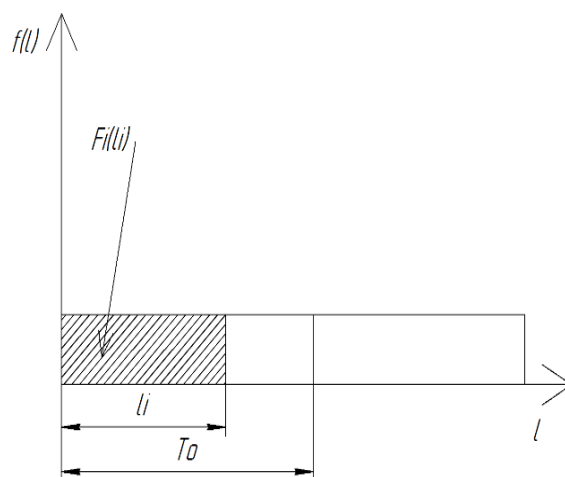


Рисунок 4 – Оценка средней наработки на отказ при равномерном распределении: $F_i(l_i)$ – накопленная вероятность отказа в период исследования; l_i – средняя наработка АТС в период исследования, км.; T_0 – ожидаемая средняя наработка на отказ, км.; $f(l)$ – плотность распределения отказов $f(l_i) = \text{const}$.

Тогда вероятность отказа определяется в выражении:

$$F_i(l_i) = \frac{r_i(l_i)}{N_i(l_i)} \quad (9)$$

где $r_i(l_i)$ – количество отказавших элементов АТС на интервале l_i ; $N_i(l_i)$ – общее количество отказов автомобилей на интервале l_i .

Выражая систему распределения:

$$\begin{cases} l_i \cdot f(l_i) = F_i(l_i) \\ T_0 \cdot f(l_i) = 0,5 \end{cases} \quad (10)$$

Тогда с учетом T_0 :

$$T_0 = \frac{l_i \cdot N_i}{2 \cdot r_i} \quad (11)$$

При этом значение гамма-процентной наработки:

$$T_{yi} = \frac{(1 - y_i) \cdot N_i \cdot l_i}{r_i} \quad (12)$$

Вероятность безотказности АТС:

$$P(l_i) = 1 - F_i(l_i) = 1 - \frac{r_i}{N_i} \quad (13)$$

При статистическом методе Байеса оценка события O_i при коэффициенте влияния K_i с учетом появления наработки на отказ при неполном ТО автомобиля:

$$O_i = \sqrt{(2 \cdot K_i - 1)^2 + 4 \cdot K_i \left(2 - \frac{N_i}{r_i}\right)}. \quad (14)$$

При этом вероятность безотказной работы автомобиля по гамма-процентной наработке на отказ определяется по выражению:

$$P_i = (2K_i - 1) + \frac{\sqrt{O_i}}{2}. \quad (15)$$

Вероятность отказа выражена как доля отказавших элементов АТС, тогда $F_i = K_i$. В свою очередь при значении доли отказавших элементов на АТС от $0,5 \leq \frac{r_i}{N_i} \leq 0,6$ приравниваются к $K_i = 2$. А $0,45 \leq \frac{r_i}{N_i} \leq 0,5$ при $K_i = 3$, т.д. Чем выше коэффициент влияния, тем больше согласно методу Байеса вероятность проявления совместного события (нескольких отказов). Тогда оценку проявления безотказности работы на периодичностях ТО-L принимаем при $P_i \geq 1,25$. Подбор интервала периодичности "Т", ТО-S касательно ТО-L предполагает вычисление альтернатив двухэтапного технического обслуживания. Это анализируется с помощью уровня вклада операций Di . Если $Di > 0$ процедура вводится структуру ТО, если $Di < 0$, то вводится в структуру ремонтных работ. Работы ТО, отвечающие за безотказность и безопасность при Y_i , автоматически вступают в перечень ТО перспективных МАТС. Структура операций и интервал периодичности ТО МАТС базируется на двухэтапной модели ТО. С помощью блок-схемы алгоритма оценивается безотказность на разных интервалах периодичности и приравнивается минимальное значение T_{yi} к малому ТО. Методика расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС включает два направления, одно из них сбор, анализ и расчет периодичностей АТС (МАТС) АПК, а второе оценка отказов АТС (МАТС) в АПК. Интервал периодичности – I принимается как $i+1=I$. Значения интервала периодичности оцениваются вероятностью безотказности по интервалу от 2 до 8. Начальные данные алгоритма включают в себя: максимальный интервал периодичности – I_{max} ; средняя наработка АТС в период исследования на которой происходило ремонтное воздействие – l_i , км; число отказов в агрегате (модуле) – r , ед.; общее число отказов в автомобилях АПК в промежутке исследования – N , ед.; уровень вклада операций – D_i , руб.; гамма доверительная вероятность безотказной работы деталей АТС – Y_i , %; время на ТО и ремонт МАТС с учетом замены модуля – t , мин; заданный уровень технической готовности для МАТС – $Kmг$; $Ск1$ – стоимость по диагностической части операции, руб.; $Сpi$ – стоимость по исполнительной части операции, руб.; $Сni$ – стоимость ремонта, руб. Алгоритм расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС представлен на рисунке 5. Методика и фрагмент блок-схемы алгоритма расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС представлены на рисунках 6 и 7.

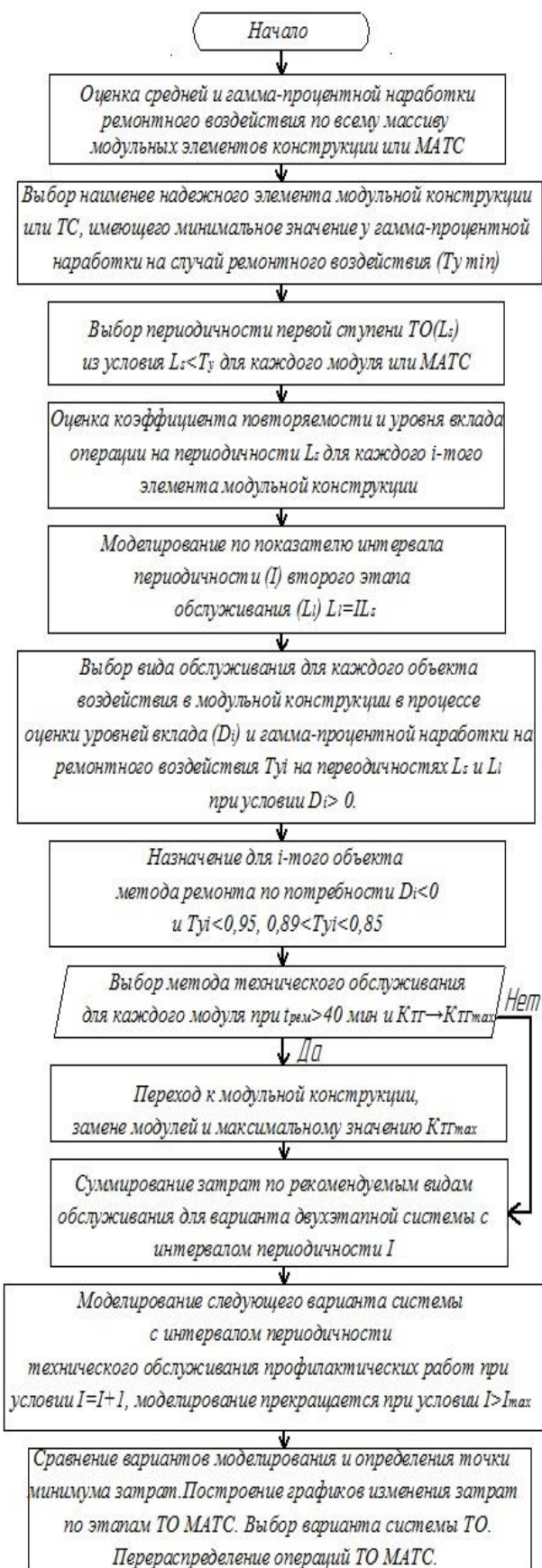


Рисунок 5 – Алгоритм расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС

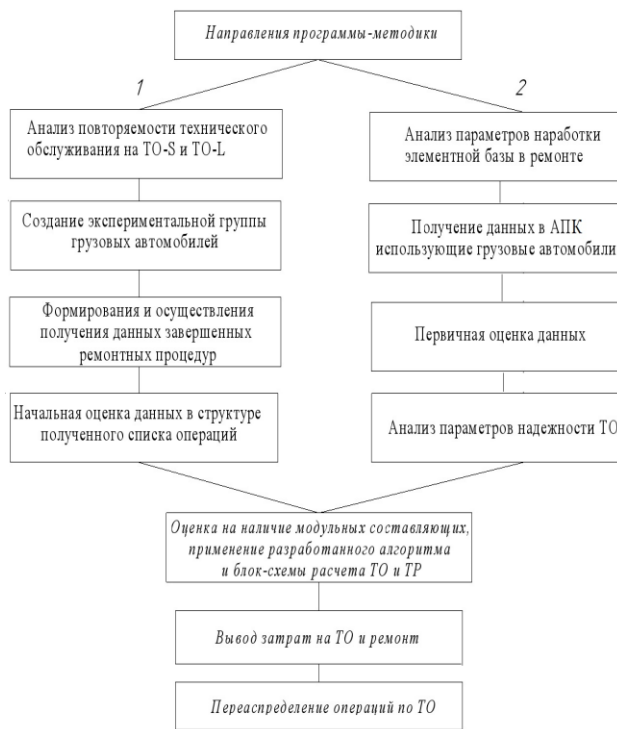


Рисунок 6 - Методика расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС

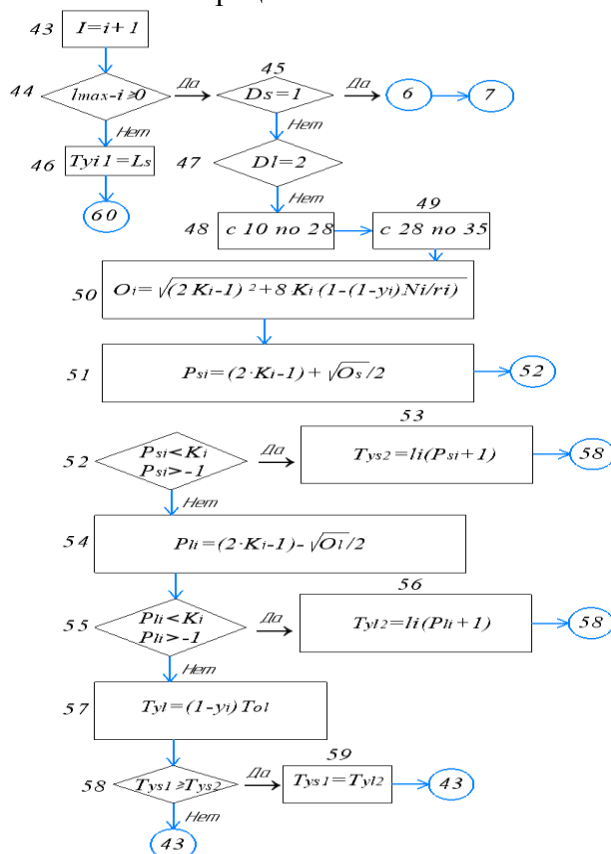


Рисунок 7 – Фрагмент блок-схемы выбора ступени ТО алгоритма расчета периодичности и перераспределения ТО МАТС

В третьей главе «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ» изложены экспериментальные исследования для получения, анализа и

подготовки начальной информации по созданию алгоритма расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС сельскохозяйственного назначения. Было установлено, что грузовые АТС Scania R420 LA4X2HNA (на базе которых выполнен образец МАТС) используются в «ЭкоНива-АПК» (г. Воронеж) и Scania R440 A4X2NA в АО Агрохолдинг «Степь» (г. Ростов-на-Дону). Так как данные предприятия АПК являются лидерами в РФ по перевозке сельскохозяйственных грузов и перевозки проходят по грунтовому и асфальтобетонному покрытию, то условия эксплуатации принимаются одинаковыми. Данные предприятия АПК имеют свои предприятия, в которых происходит ТО и ремонт транспортных средств. «ЭкоНива-АПК» использует тупиковый метод ($Kmz=0,65$), АО Агрохолдинг «Степь» ($Kmz=0,69$) использует поточный метод ТО, такой Kmz является недостаточным, методы необходимо усовершенствовать при использовании МАТС. Показатели ТО АТС Scania на предприятиях АПК представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели ТО АТС Scania на предприятиях АПК

ТО	Пробег, тыс. км			Время простоя, час			Количество исполнителей, чел.		Трудоемкость, чел-час.
	П.П.	СРЗ ЭН	СРЗ СП	П.П.	СРЗ ЭН	СРЗ СП	П.П.	СРЗ АПК	П.П.
ТО-S	25	30	29	5	7	8	1-2	1	10
ТО-M	50	62	58	8	11	12	2-3	1	16
ТО-L	100	124	116	10	14	13	2-4	2	20

Рекомендации Предприятия производителя (П.П.) Scania сравнивают с «ЭкоНива-АПК» (ЭН) и АО Агрохолдинг «Степь» (СП), количество исполнителей может различаться. При рассмотрении собранных данных принимается заключение о невыполнении предписанных производителем этапов технического обслуживания автомобилей, что негативно скажется на ТО МАТС. На вышеуказанных предприятиях функционирует двухсменный режим.

Анализ технического обслуживания транспортных средств Scania показал, что автомобили проходят техническое обслуживание примерно 10-12 раз в году. По отношению: ТО-S (5-6), ТО-M (3-4) и ТО-L (2-3) раз в год. Средняя скорость автомобиля Scania при перевозке груза и скорость испытуемого МАТС равна 88 км/ч. В связи с этим принимается решение оценивать периодичность технического обслуживания АТС по наработке, так как модульный принцип разделяет транспортное средство на составляющие, в которых принимается отдельная наработка для каждого элемента по минимальному значению, в условиях безотказной работы. Это является главным составляющим исследования, так как для обеспечения заданной готовности приводится заключение о том, что модульное автотранспортное средство разделяется при обслуживании на составляющие за 40 минут (согласно данным полученным с завода Scania). Поэтому при оценке длительного обслуживания и ремонта должно приниматься решение о целесообразности замены модулей в зависимости от ставившихся задач о

готовности. Основные составляющие модульного АТС представлены в главе 1 по анализу исследуемого автомобиля.

Предоставленные данные позволяют оценить 15 АТС в предприятии АПК. В данной работе принимается общая наработка по каждому модулю и по всему АТС, так как оцениваются характеристики МАТС на основе грузового автомобиля общего назначения. И так наработка АТС определяется как отношение пробега к средней эксплуатационной скорости АТС. В связи с этим ТО-S рекомендуется проходить при наработке 285 мото-час. и т.д. ТО по наработке АТС Scania, на рассматриваемых предприятиях, представлено в таблице 2. Отказы систем АТС Scania за исследуемый период, в рассматриваемых предприятиях АПК, представлены в рисунке 8.

Удельные затраты на ТО и ремонт АТС Scania для «ЭкоНива-АПК» 12 руб./км, а для АО Агрохолдинг «Степь» 11 руб./км. Влияние периодичности ТО на отказы АТС в период исследования, представлено в таблице 3.

Таблица 2 – Виды технического обслуживания Scania на предприятиях, в мото-час.

Структура технического обслуживания	Техническое обслуживание, мото-час.		
	ТО-S	ТО-M	ТО-L
Предприятие производитель Scania	285	570	1140
«ЭкоНива-АПК»	340	680	1360
АО Агрохолдинг «Степь»	330	660	1320

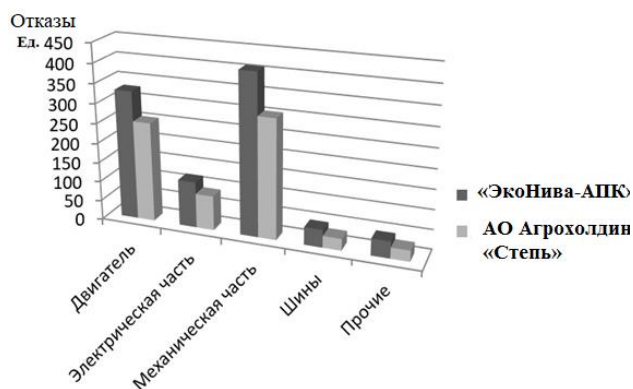


Рисунок 8 – Отказы систем АТС Scania в предприятиях АПК

Таблица 3 – Фрагмент влияния среднего значения (СРЗ) пробега до ТО АТС Scania на отказы

№ АТС	СРЗ пробега до ТО, км	Отказы, ед.	№ АТС	СРЗ пробега до ТО, км	Отказы, ед.
«ЭкоНива-АПК»			АО Агрохолдинг «Степь»		
291	30018	51	31	28626	31
300	30172	52	42	28698	34
292	30190	52	41	28727	35
310	30436	56	43	29000	38
286	30490	56	24	29091	39
330	30536	59	45	29212	41

По рисунку 8 и таблице 3 можно оценить большое количество отказов АТС Scania, которая обуславливается неравномерностью ТО Scania в предприятиях АПК, что в дальнейшем требует корректировки по существующим методам ТО для перспективных МАТС. Чем чаще проводится ТО автомобилей Scania, тем меньше число отказов АТС в АПК. Имеется предположение о линейной зависимости количества отказов и средней периодичности ТО АТС Scania в АПК. Линейная зависимость имеет вид:

$$y = b_1x + b_0, \quad (16)$$

где b_i - являются коэффициентами регрессии.

В предлагаемых зависимостях требуется найти коэффициенты регрессии и оценку их значимости. Также необходима проверка адекватности и достоверности математической модели. Расчеты выполнены с помощью программы регрессионного анализа Regress. Установлено, в исследуемых моделях в среднем на 90 % изменение x влияет на изменение y . Параметры моделей статически значимы. Таким образом, точность подбора математических моделей – высокая. А значения индекса детерминации и критерия Фишера для линейной функции $F_p > F_{табл.}$ означают, что модели являются достоверными и адекватными.

Графическая интерпретация полученных уравнений приведена на рисунках 9 и 10. Результаты статистически обработанных данных АТС в предприятиях АПК представлены в таблице 4.

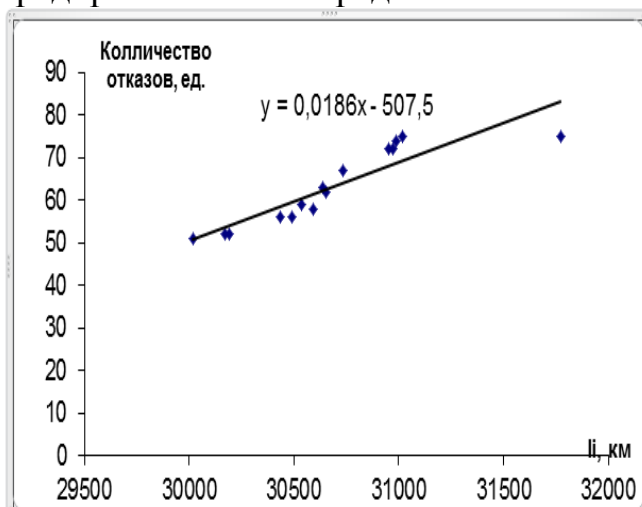


Рисунок 9 – Зависимость количества отказов от периодичности ТО АТС Scania на «ЭкоНива-АПК»

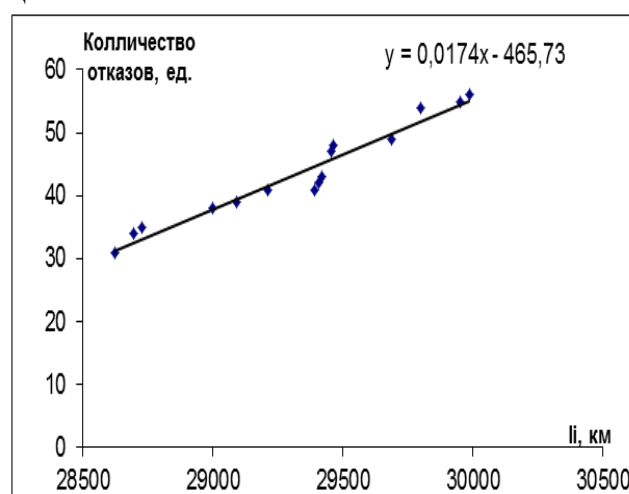


Рисунок 10 – Зависимость количества отказов от периодичности ТО АТС Scania на АО Агрохолдинг «Степь»

Таблица 4 – Результаты статистически обработанных данных АТС в АПК

Показатель	Значение	Значение
	«ЭкоНива-АПК»	АО Агрохолдинг «Степь»»
Коэффициент корреляции	0,904	0,972
Индекс детерминации	0,817	0,945
Табличное значение критерия Стьюдента	2,533	2,533
Табличное значение критерия Фишера	4,67	4,67
Расчетное значение критерия Фишера	58,023	225,202

Это означает, что экспериментальные данные можно использовать, как исходные данные для расчета разработанного алгоритма периодичности и перераспределения операций ТО МАТС. Фрагмент стоимости операций по ТО АТС в «ЭкоНива-АПК» и АО Агрохолдинг «Степь» представлены в таблице 5. Представлены значения стоимости по диагностической части операции – (C_k) и затраты по исполнительской части операции – (C_p). Разная стоимость обусловлена различными условиями проведения ТО относительно территориальной принадлежности, а также стоимости оплаты труда.

Таблица 5 – Фрагмент стоимости и трудоемкости (ТРД) операций ТО АТС в «ЭкоНива-АПК» (ЭН) и АО Агрохолдинг «Степь» (СП)

Операции по ТО	C_k (ЭН), руб.	C_p (ЭН), руб.	C_k (СП), руб.	C_p (СП), руб.	ТРД, чел.- ч.
ТО-S					
Провести все смазочные операции по узлам шасси и оборудования, рекомендованные производителем	46	414	40	360	1,42
Слить масло с ДВС и чистка сливной пробки	57,5	517,5	50	450	0,7
Проконтролировать отсутствие течи масла в механической коробке передач и в главной передаче	34,5	310,5	30	270	0,61
Поменять масло в раздаточной коробке	92	828	80	720	0,71

В четвертой главе «РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ» на основании экспериментальных изысканий определена результативность усовершенствованных методов ТО МАТС и превосходство двухэтапной модели ТО перспективного модульного автомобиля в условиях АПК. Представлено технологическое оборудование проведения ТО и ремонта перспективных МАТС сельскохозяйственного назначения. Представлены результаты оценки технологии замены модулей МАТС с помощью системы массового обслуживания. Одноканальная система массового технического обслуживания с отказами оценивается как пост ТО. Заявка Scania R420 в «ЭкоНива-АПК» и Scania R440 на АО Агрохолдинг «Степь», приехавшего в период, когда пост используется получает отказ по техническому обслуживанию. Интенсивность потока грузовых транспортных средств – λ , принимается для «ЭкоНива-АПК» автомобиль за 4 часа, а на АО Агрохолдинг «Степь» 1 автомобиль за 2 часа. Длительность при работах по обслуживанию – t_d в часах принимается по полученной информации. Показатели СМО с отказами АТС Scania и МАТС на предприятиях АПК представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели СМО с отказами АТС Scania и МАТС на предприятиях АПК

Предприятия АПК	Показатели СМО							
	λ , а/ч.	t_d , ч.	μ , а/ч.	Q, %	A, а/ч.	$F_{отк}$, %	$A_{ном}$, а/ч.	$A_{ном}/A$
	ТО-S							
«ЭкоНива-АПК»	0,25	7	0,14	0,36	0,09	0,64	0,14	1,57
АО Агрохолдинг «Степь»	0,5	8	0,13	0,20	0,10	0,80	0,13	1,25
ТО-M								
«ЭкоНива-АПК»	0,25	11	0,09	0,27	0,07	0,73	0,09	1,36
АО Агрохолдинг «Степь»	0,5	12	0,08	0,14	0,07	0,86	0,08	1,17
ТО-L								
«ЭкоНива-АПК»	0,25	14	0,07	0,22	0,06	0,78	0,07	1,29
АО Агрохолдинг «Степь»	0,5	13	0,08	0,13	0,07	0,87	0,08	1,15
ТО (модульного транспорта)								
«ЭкоНива-АПК»	0,25	0,67	1,49	0,86	0,21	0,14	1,49	6,97
АО Агрохолдинг «Степь»	0,5	0,67	1,49	0,75	0,37	0,25	1,49	3,99

Номинальная – $A_{ном}$, превышает абсолютную (фактическую) пропускную способность – A, в 1,57 и 1,25 раза при расчете от случайных заявок и времени

обслуживания. 0,14 автомобилей за час для «ЭкоНива-АПК» и 0,13 АО Агрохолдинг «Степь» для ТО-S. Представлены значения интенсивности потока ТО-S, M, L АТС – μ , относительная пропускная способность на посту ТО АТС – Q . При расчете на ТО по модульным автотранспортным средствам, используя технологии замены модулей, меняется время на обслуживание $t_d = 40$ минут или 0,67 часа. Показатели СМО возрастают, для «ЭкоНива-АПК» отношение номинальной пропускной способности в 6,97 раза превышает фактическое значение, а для АО Агрохолдинг «Степь» в 3,99 раза. Номинальные пропускные способности при использовании МАТС увеличены, для «ЭкоНива-АПК» превышение значений составит в 10 раз, а для АО Агрохолдинг «Степь» в 11 раз. Все эти данные показывают преимущество модульного транспорта, основной идеей которого является замена модуля при обслуживании и ремонте. Для этого требуется технология холодного резерва. Резервный модуль, который находится в недействующем состоянии до эксплуатации вместо основного модуля. Такой резерв имеет высокую результативность, когда простой в минимальное время незначителен для всей системы. В нашем случае модуль может уже быть готовым на складе и находиться в режиме ожидания для дальнейшей замены при обслуживании. Таким образом, технология замены модулей с использованием холодного резерва позволит эффективно эксплуатировать МАТС. *Усовершенствованы методы технического обслуживания перспективных МАТС:* тупиково-модульный метод и поточно-модульный метод, которые будут позволять проводить ТО и ТР МАТС на универсальных постах и поточно-модульных линиях, как модуля, так и всего автомобиля в целом. В данных методах планируется осуществлять трудоёмкие работы, когда ТО и ТР МАТС более 40 минут, с учетом технологии замены модуля, при менее трудоемких работах рекомендуется обслуживать весь автомобиль на поточных линиях и универсальных постах. Приведена организация ТО МАТС, объемы работ по каждому модулю грузового автотранспортного средства. В исследовании принимается среднее значение периодичности ТО группы исследуемых АТС, так как представленные данные по отказам позволили сделать вывод, что ремонт выполнялся в период ТО. Результаты расчета периодичности и удельных затрат ТО – C_2 и ремонта – C_1 АТС при учете перспективных МАТС представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Удельные затраты на ТО и ТР от интервала периодичности - I АТС

«ЭкоНива-АПК»				АО Агрохолдинг «Степь»			
Интервал периодичности	C_1 , руб./км	C_2 , руб./км	C_{ϵ} , руб./км	Интервал периодичности	C_1 , руб./км	C_2 , руб./км	C_{ϵ} , руб./км
I=2	0,62	9,36	9,98	I=2	1,42	7,98	9,4
I=3	1,58	7,64	9,22	I=3	1,9	5,36	7,26
I=4	2,08	6,5	8,58	I=4	2,5	3,98	6,48
I=5	3,26	5,82	9,08	I=5	3,06	3,16	6,22
I=6	4,62	5,08	9,7	I=6	3,5	2,62	6,12
I=7	6,04	4,98	11,02	I=7	3,98	2,24	6,22
I=8	7,7	4,42	12,12	I=8	4,7	1,84	6,54

Зависимости удельных затрат ТО и ТР АТС Scania от периодичности представлены на рисунках 11 и 12, а расчетно-моделированная периодичность

ТО АТС на рисунках 13 и 14. Обобщённая характеристика различных вариантов ТО АТС на предприятиях АПК представлена в таблице 8. Значение - I принимается по минимально оптимальным удельным затратам ТО и ремонта.

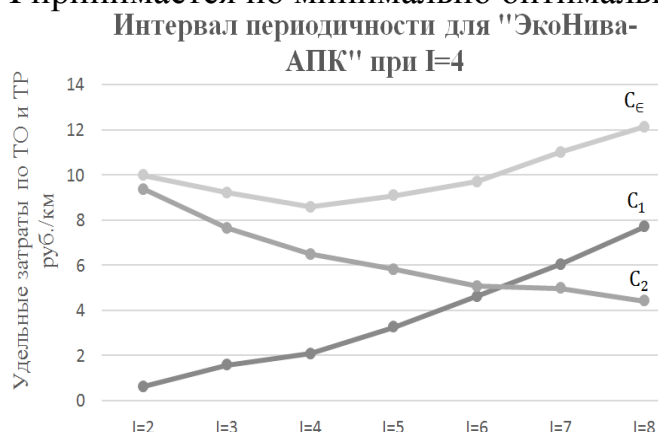


Рисунок 11 – Удельные затраты по ТО и ремонту от интервала периодичности технического обслуживания АТС Scania для «ЭкоНива-АПК»

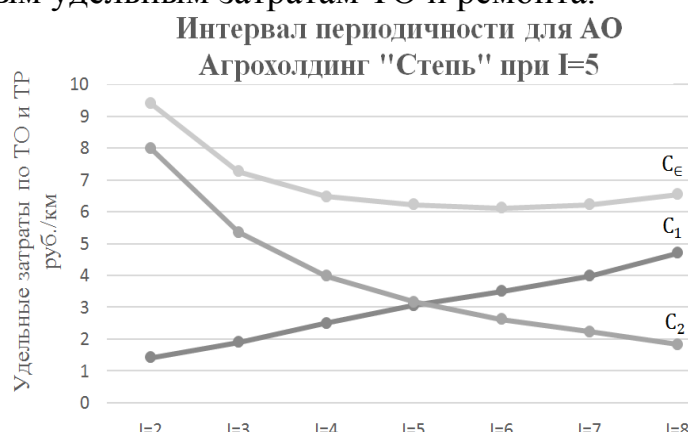


Рисунок 12 – Удельные затраты по ТО и ремонту от интервала периодичности технического обслуживания АТС Scania для АО Агрохолдинг «Степь»

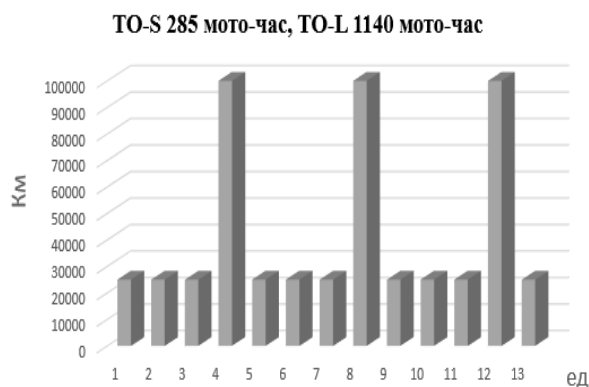


Рисунок 13 – Расчетно-моделированная периодичность ТО АТС для «ЭкоНива-АПК»

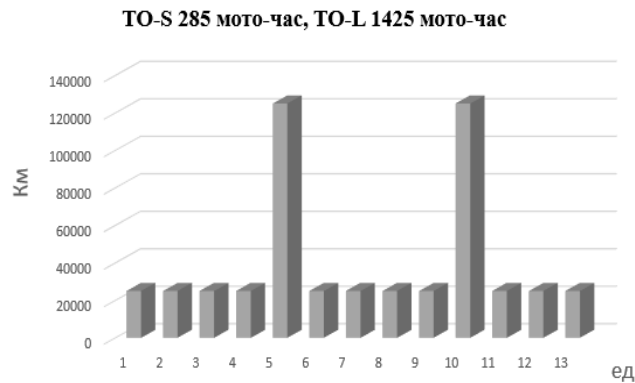


Рисунок 14 – Расчетно-моделированная периодичность ТО АТС для АО Агрохолдинг «Степь»

Таблица 8 – Характеристика различных вариантов ТО АТС Scania

Системы выполнения ТО		Число ТО за 1 год.			Нормативная трудоемкость ТО, чел.-час.			Общий простой ТО, час.	Общая трудоемкость ТО, чел.-час.
		ТО-S	ТО-M	ТО-L	ТО-S	ТО-M	ТО-L		
Предприятие Scania «ЭкоНива-АПК»		7	4	3	70	64	60	97	194
АО Агрохолдинг «Степь»		6	3	2	60	48	40	103	148
Интервал периодичности	ТО-L I=4	10	3		100	60		80	160
Интервал периодичности	ТО-L I=5	11	2		110	40		75	150
Результативность		Для «ЭкоНива-АПК»						17/23	34
		Для АО Агрохолдинг «Степь»						22/35	44

При подборе интервала периодичности для «ЭкоНива-АПК» I=4 и АО Агрохолдинг «Степь» I=5, использование алгоритма расчета периодичности и

перераспределения операций ТО МАТС способно снизить вплоть до 28,5 % удельных затрат по ТО и ТР на один грузовой (модульный) автомобиль в год на «ЭкоНива-АПК» и до 43,46 % на АО Агрохолдинг «Степь». Полученный технико-экономический эффект от простоя и трудоемкости по автотранспортным средствам для исследуемых предприятий в среднем повышается на 28 %. $Kmг$ при этом увеличился до 0,84 и 0,88 (высокий $Kmг$) для АТС общего назначения и до 0,97 при МАТС в «ЭкоНива-АПК» и АО Агрохолдинг «Степь» соответственно. По полученной информации потери чистой прибыли (ЧП) из-за низкого $Kmг$ составляют 30 %. Общая концепция повышения прибыли по полученному исследованию представлена на рисунках 15 и 16. На рисунках 15 и 16 значения $ЧПк$ с учетом коррекции полученных результатов исследования, и $ЧПм$ при учете результатов исследования и применяемых МАТС.

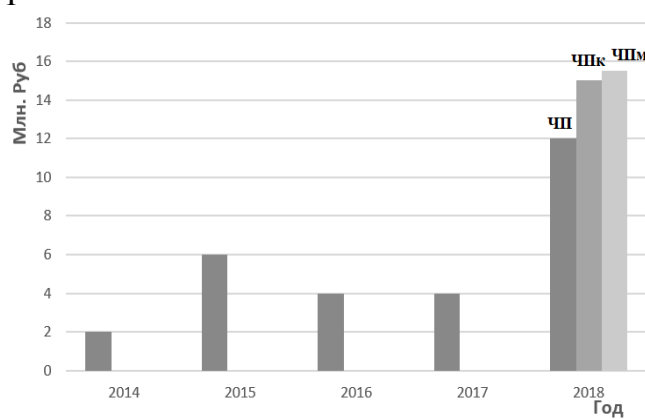


Рисунок 15 – График изменения чистой прибыли с использованием технико-экономического эффекта модульного автотранспорта для «ЭкоНива-АПК»

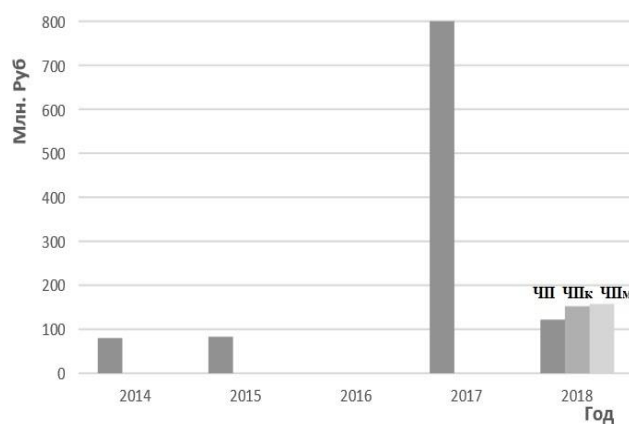


Рисунок 16 – График изменения чистой прибыли с использованием технико-экономического эффекта и модульного автотранспорта для АО Агрохолдинг «Степь»

Также проведена оценка технологического проекта автотранспортного предприятия по ТО и ремонту МАТС для принятых технических решений в предприятиях АПК, приведена спецификация оборудования и схема производственного корпуса, что по итогу доказывает эффективность полученного исследования.

По результатам исследований разработаны рекомендации по совершенствованию методов ТО перспективных МАТС. Использование тупиково-модульного и поточно-модульного методов предполагает: использовать единую марку модульного автотранспортного средства; переход на двухэтапную систему технического обслуживания ТО-L и ТО-S модульного автотранспорта; использование соответствующего технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта модульных АТС сельскохозяйственного назначения; перераспределение операций ТО по модулям на основе Регламента технического обслуживания Scania; использовать целесообразную периодичность технического обслуживания МАТС по наработке каждого модуля; использование счётчика мото-час. на модульном автотранспорте; установка системы диагностирования «Truck online»; использование холодного резерва модулей; использовать технологию

замены модулей при ТО и ремонте > 40 мин; индивидуальный расчет периодичности и перераспределение операций технического обслуживания по интервалу периодичности - I с учетом использования алгоритма, блок схемы по критериям безотказности и удельным затратам на ТО и ремонт для перспективных МАТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По результатам исследования было определено, что применение МАТС является эффективным способом обновления автомобильного парка в предприятиях АПК для повышения технической готовности всех АТС с оценкой применения методов ТО и ремонта АТС.

2. В результате анализа способов, методов проведения ТО и ремонта грузовых автомобилей на предприятиях выяснено, что применяемые методы не являются оптимальными для модульных автотранспортных средств, так как не отвечают требованиям по увеличению технической готовности МАТС сельскохозяйственного назначения.

3. На базе сравнительной оценки созданы предложения по совершенствованию методов ТО МАТС путем перехода на двухэтапное техническое обслуживание и замены модулей, если ТО и ТР выполняются более 40 минут с применением ограниченной выборки автотранспортных средств, предложена математическая модель корректирования периодичности ТО МАТС.

4. Разработана методика и алгоритм расчета периодичности и перераспределения операций технического обслуживания для модульного автотранспорта сельскохозяйственного назначения по основным критериям: безотказность и минимизация затрат ТО с применением гамма-процентной наработки $Y_i=0,95$, максимальной технической готовности $Kmz=0,97$, что дает возможность максимально возможно увеличить эксплуатационные возможности модульного автомобиля.

5. Проведен эксперимент и разработана база данных о надёжности грузовых автомобилей, в которой описаны отказы за выбранный период исследования, выявлены используемые методы технического обслуживания и ремонта, представлено количество соответствующих АТС Scania, на базе которых выполнены МАТС, на «ЭкоНива-АПК» и АО Агрохолдинг «Степь», проанализированы затраты на ТО и ТР АТС для выполнения требуемого расчета.

6. Представлены усовершенствованные методы технического обслуживания МАТС: тупиково-модульный и поточно-модульный, которые позволяют использовать существующую производственно-техническую базу на «ЭкоНива-АПК» и АО Агрохолдинг «Степь».

7. Осуществлен расчет целесообразной периодичности и перераспределены операции ТО для модульных грузовых автомобилей, при котором выявлен оптимальный интервал двухэтапной периодичности ТО-L относительно ТО-S МАТС для «ЭкоНива-АПК» 4 интервала, для АО Агрохолдинг «Степь» 5 интервалов.

8. По итогам сравнительной характеристики вариантов технического обслуживания выявлено сокращение простоя на 17 часов и сокращение трудоемкости на 34 чел.-час. для «ЭкоНива-АПК», 22 часа и 44 чел.-час. для АО Агрохолдинг «Степь».

9. Анализ экономической эффективности демонстрирует, что результаты исследования позволят сократить удельные затраты на ТО и ремонт перспективных МАТС вплоть до 28,5 % для «ЭкоНива-АПК» и 43,5 % для АО Агрохолдинг «Степь» на одно АТС, а также уменьшенный простой в 28 % позволит увеличить значение прибыли в 25 % с эксплуатацией АТС Scania, а при использовании МАТС в 29 %. Учитывая данные факты можно сказать, что усовершенствованные методы технического обслуживания перспективных МАТС сельскохозяйственного назначения, путем создания и реализации в практических условиях комплексной методики, алгоритма расчета периодичности и перераспределения операций ТО МАТС с применением усеченных данных, а также изменение технологии технического обслуживания МАТС улучшат экономическую эффективность всех предприятий АПК.

10. Предложены рекомендации по совершенствованию методов ТО перспективных МАТС сельскохозяйственного назначения.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Web Of Science

1. Москвичев, Д.А. Эффективность модернизации сельскохозяйственной техники путем использования модульного транспорта / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – №2(84). – С. 33-36.

2. Москвичев, Д.А. Оценка свойств надежности при техническом обслуживании перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Международный технико – экономический журнал – 2022. – №5-6(86). – С. 96-103.

3. Москвичев, Д.А. Методика определения периодичности технического обслуживания перспективных автотранспортных средств сельскохозяйственного назначения / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета – 2022. – №4(64). – С. 112-117.

4. Vinogradov, O.V. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation / O.V. Vinogradov, D.A Moskvicev, O.N. Didmanidze, E.P. Parlyuk // Indo American journal of pharmaceutical sciences. – 2019. – №3. – С. 5289-5292 (Web Of Science).

В материалах международных, всероссийских, межрегиональных конференций, симпозиумов и других изданиях

5. Москвичев, Д.А. Оптимизация производства схемами поставок модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Грузовик. – 2018. – №4.–С.21-23.

6. Москвичев, Д.А. Особенности метода технического обслуживания модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2019. – №2 (48). – С. 17-19.

7. Москвичев, Д.А. Оценка периодичности технического обслуживания модульного транспортного средства по наработке / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – №4 (75). – С. 134-137.

8. Москвичев, Д.А. Влияние технологии технического обслуживания и ремонта на коэффициент технической готовности модульных грузовых автомобилей / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3 (66). – С. 3-8.

9. Москвичев, Д.А. Влияние критериев надежности при техническом обслуживании модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №4 (75). – С. 27-32.

10. Грибов, И.В. Оценка функциональных характеристик тракторов New Holland по использованию энергоресурсов / И.В. Грибов, Н.В. Перевозчикова, Д.А. Москвичев // Теоретический и научно-практический журнал: «Инновации в сельском хозяйстве», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва. – 2017 г. – С. 187-191.

11. Москвичев, Д.А. Актуальность применения модульных автомобилей / Д.А. Москвичев // Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции «Новая наука: проблемы и перспективы» РИЦ АМИ, г. Стерлитамак. – 2016 г. – С. 231-234.

12. Москвичев, Д.А. Анализ модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев // Сборник статей Международной научной конференции молодых учёных и специалистов «Наука молодых-агропромышленному комплексу», г. Москва – 2016 г. – С. 169-171.

13. Москвичев, Д.А. Особенности модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник XII Всероссийской научно-практической конференции «Гуманизация современной науки: исследования, инновации, образование», г. Ростов-на-Дону. – 2016 г. – С. 152-155.

14. Москвичев, Д.А. Применение технологий технического обслуживания модульных транспортных средств в агропромышленном комплексе / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Научный журнал «Молодой ученый». – 2016. – № 6.5 (110.5). – С. 9-10.

15. Москвичев, Д.А. Развитие модульного транспорта в сельском хозяйстве / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Управление рисками в АПК. 2016. № 1. С. 28-34.

16. Москвичев, Д.А. Развитие технологий технического обслуживания модульных сельскохозяйственных транспортных средств / Д.А. Москвичев // Сборник статей V Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий»; ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, г. Саратов. – 2016 г. – С. 76-79.

17. Москвичев, Д.А. Концептуальные проекты модульного транспорта / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Новая наука: история становления современное состояние, перспективы развития», Омега Сайнс, г. Волгоград. – 2017 г. – С. 91-93.

18. Москвичев, Д.А. Особенности армейского модульного автомобиля КАМАЗ «ТАЙФУН» / Д.А. Москвичев, И.В. Грибов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Современные технологии в мировом научном пространстве», Аэтерна, г. Пермь – 2017 г. – С. 119-121.

19. Москвичев, Д.А. Особенности сертификации для модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Роль инноваций в трансформации современной науки», Аэтерна, г. Уфа – 2017 г. С. 102-104.

20. Москвичев, Д.А. Преимущество модульных платформ в автомобильном транспорте / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Проблемы разработки перспективных технологических систем», Аэтерна, г. Омск. – 2017 г. – С. 84-86.

21. Москвичев, Д.А. Развитие модульных автопоездов / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции «Новая наука: теоретический и практический взгляд», АМИ, Ижевск. – 2017 г. – С. 30-32.

22. Москвичев, Д.А. Разработка модульного электроавтомобиля / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Физико-математические и технические науки как постиндустриальный фундамент эволюции информационного общества», Аэтерна, г. Уфа. – 2017 г. – С. 158-160.

23. Москвичев, Д.А. Совершенствование модульной архитектуры автомобильного транспорта / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научной практической конференции «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем», Аэтерна, г. Казань. – 2017 г. – С. 94-96.
24. Москвичев, Д.А. Восьмиколесный вездеход на осевом модуле / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Закономерности и тенденции инновационного развития общества», АМИ, г. Волгоград. – 2018 г. – С. 66-68.
25. Москвичев, Д.А. Закономерности вариации случайных величин технической эксплуатации модульного автомобиля / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Роль и место информационных технологий в современной науке», Омега сайнс, г. Магнитогорск. – 2018 г. – С. 69-71.
26. Москвичев, Д.А. Модульная система автопилотированного электротранспорта / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Научные революции: сущность и роль развития науки и техники», Аэтерна, г. Уфа. – 2018 г. – С. 83-85.
27. Москвичев, Д.А. Модульный автомобиль на солнечных батареях / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Проблемы методологии и опыт практического применения синергетического подхода в науке», АМИ, г. Стерлитамак. – 2018 г. – С. 131-133.
28. Москвичев, Д.А. Особенности конструкции специализированного кузова в модульном фургоне / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях», АМИ, г. Челябинск. – 2018 г. – С. 105-107.
29. Москвичев, Д.А. Перспективы развития модульного воздушного такси / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение технического и технологического прогресса», АМИ, г. Стерлитамак. – 2018 г. – С. 51-53.
30. Москвичев, Д.А. Проблемы обеспечения безопасности на модульном транспорте / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Технические системы и технологические процессы», Аэтерна, г. Самара. – 2018 г. – С. 120-121.
31. Москвичев, Д.А. Проверка кузова модульного автомобиля / Д.А. Москвичев, О.В. Виноградов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Современные наукоемкие инновационные технологии», Омега Сайнс, г. Уфа. – 2018 г. – С. 52-54.
32. Москвичев, Д.А. Анализ эффективности модульных транспортных средств / Д.А. Москвичев // Сборник конференции 5-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте», Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел. – 2020 г. – С. 283-287.
33. Moskvicev, D.A. The transition to modularity in the domestic industry / D.A. Moskvicev // Materials of the International conference «Scientific Research of the sco countries: Synergy and integration»- Reports in English. Part 1, Beijing, China. – 2018 г. – С. 179-182.