

*На правах рукописи*

**Меденко Александр Александрович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ  
РЕГИОНАЛЬНЫМИ ДИЛЕРСКИМИ ЦЕНТРАМИ**

**Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания  
в сельском хозяйстве**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Саратов 2022

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова».

**Научный руководитель –** доктор технических наук, доцент  
**Шишурин Сергей Александрович**

**Официальные оппоненты:** **Кушнарв Леонид Иванович**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры «Технологии обработки материалов»

**Костомахин Михаил Николаевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией прогнозирования надежности и технической диагностики ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

**Ведущая организация –** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева» (г. Саранск).

Защита состоится «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.03 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» и на сайте: <http://www.sgau.ru/>

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, ученому секретарю диссертационного совета Д 220.061.03, e-mail: [chekmarev.v@yandex.ru](mailto:chekmarev.v@yandex.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Ученый секретарь  
диссертационного совета**



**Василий Васильевич Чекмарев**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденная указом Президента РФ 21 января 2020 г., предусматривает повышение производительности труда, энергоэффективности и ресурсосбережения в АПК путем внедрения в производство новой техники и технологий. В связи с этим парк сельскохозяйственной техники в Российской Федерации постоянно обновляется. В производство внедряют новую конструктивно более сложную производительную и энергонасыщенную технику. Возрастает роль эффективной организации системы технического обслуживания и ремонта имеющегося парка сельскохозяйственной техники.

Поддержание работоспособного состояния сельскохозяйственной техники силами региональных предприятий технического сервиса с их устаревающей материально-технической базой становится все сложнее. В связи с этим, все большая роль в проведении технического обслуживания и ремонта такой техники отводится региональным дилерам с их системой технического сервиса, авторизованного заводами-изготовителями. Дилерские центры не только реализуют сельскохозяйственную технику, но и осуществляют ее снабжение необходимыми расходными материалами и запасными частями, выполняют гарантийные и постгарантийные ремонты и операции технического обслуживания.

Бесперебойная работа современных самоходных сельскохозяйственных машин и сложных прицепных агрегатов отечественного и импортного производства во многом зависит от своевременного и качественного выполнения планового технического обслуживания, проведения плановых дефектовок узлов и агрегатов, а также быстрого устранения неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации.

В настоящее время большинство работ по проведению технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники проводят силами мобильных сервисных бригад дилерских организаций. Создаются такие бригады из штата высококвалифицированных инженеров, проходящих ежегодные обучения и стажировки на заводах-изготовителях сельскохозяйственной техники и имеющих в своем распоряжении специализированные сервисные автомобили, оснащенные всеми необходимыми инструментами.

В большинстве регионов Российской Федерации расстояния, преодолеваемые сервисными бригадами от центральной базы до места выполнения работ, в среднем составляет 200 км в одну сторону. Данный фактор приводит к простоя сельскохозяйственной техники, находящейся в ожидании технического обслуживания и/или ремонта, что способствует снижению эффективности использования фонда рабочего времени высококвалифицированного персонала сервисной службы, неоправданному увеличению эксплуатационных и амортизационных расходов.

Большинство региональных дилерских организаций, стремясь повысить эффективность работы своей службы технического сервиса, открывают дополнительные сервисные центры в регионе. Такие центры снижают нагрузку на головной сервисный центр, время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей

технического сервиса, и повышают экономическую эффективность работы службы технического сервиса и дилерской организации в целом. Однако в производственных условиях трудность представляет определение количества и рационального местоположения дополнительных сервисных центров.

В связи с вышеизложенным предлагается усовершенствовать существующую систему регионального технического сервиса, осуществляемого дилерскими организациями, за счет разработки модели и алгоритма определения количества и местоположения региональных центров технического сервиса сельскохозяйственной техники.

Актуальность работы обусловлена тем, что она была выполнена в соответствии с основными положениями «Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года», «Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2025 года», а также научного направления ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК» (регистрационный номер 01201151795).

**Степень разработанности темы.** Исследованиями в области совершенствования организационной структуры ремонтно-обслуживающих воздействий занимались и занимаются такие ученые, как Э. Ф. Абдразаков, В. В. Варнаков, А. С. Гальперин, М. Ш. Гутуев, А. А. Ежевский, Ю. Б. Емелин, О. А. Есин, В. И. Игнатов, Л. М. Игнатьев, В. В. Извозчикова, В. Б. Лукьянов, Ю. В. Катаев, В. А. Комаров, М. Н. Костомахин, Л. И. Кушнарев, А. С. Матвеев, В. М. Михлин, В. И. Портнов, А. Ю. Усанов, С. С. Черепанов, В. И. Черноиванов и др. Всесторонним исследованиям в области транспортной логистики ремонтно-обслуживающих предприятий посвящены работы Р. В. Алексина, Г. Л. Бродецкого, В. В. Быкова, А. М. Гаджинского, В. В. Дыбской, М. Е. Залманова, В. М. Корнеева, И. Н. Кравченко, И. С. Левитского, Л. Б. Миротина, Ю. М. Неруша, Б. К. Плоткина, А. Ю. Тесовского и др.

Большинство работ в основном направлены на расширение деятельности существующих предприятий за счет создания дополнительных пунктов технического сервиса сельскохозяйственной техники. Однако предлагаемые авторами методы определения рационального количества и местоположения таких пунктов имеют существенные недостатки, а применение их на практике не всегда является возможным или целесообразным. В связи с этим предлагается на основе научно обоснованного подхода разработать новую модель, алгоритм и программное обеспечение для определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных сервисных центров.

**Цель работы** – повышение эффективности системы технического сервиса сельскохозяйственной техники путем рационального расположения сервисных центров региональных дилерских организаций.

#### **Задачи исследования:**

1. На основании литературных и статистических данных установить степень технической оснащенности АПК Российской Федерации, проанализировать особенности и эффективность функционирования системы технического сервиса современной сельскохозяйственной техники.

2. Разработать математическую модель определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса.

3. На основании предложенной математической модели разработать алгоритм и программное обеспечение для определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса.

4. Провести сравнительное исследование времени нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути для проведения операций ТО и ремонтов в зависимости от количества и местоположения центров технического сервиса и осуществить практическую реализацию предлагаемых организационных решений.

5. Провести сравнительные исследования безотказности сельскохозяйственной техники и времени ее простоя в ожидании ремонта в зависимости от количества и местоположения центров технического сервиса. Определить экономическую эффективность предлагаемых организационных решений.

**Объект исследования** – система организации регионального технического сервиса сельскохозяйственной техники дилерскими организациями.

**Предмет исследования** – закономерности влияния количества и местоположения центров технического сервиса сельскохозяйственной техники на эффективность функционирования системы регионального технического сервиса.

**Научную новизну** работы представляют:

- математическая модель определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса;
- алгоритм и программное обеспечение для определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса;
- результаты исследования времени нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути для проведения операций ТО и ремонтов в зависимости от количества и местоположения центров технического сервиса;
- результаты исследования безотказности сельскохозяйственной техники и времени ее простоя в ожидании ремонта в зависимости от количества и местоположения центров технического сервиса.

**Теоретическая и практическая значимость** работы заключается:

- в предложенных аналитических зависимостях определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса;
- в разработке алгоритма и программного обеспечения для определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса;
- в практическом использовании в дилерских организациях предлагаемой математической модели, алгоритма и программного обеспечения, позволяющих по сравнению с существующими подходами сократить время нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути для проведения операций ТО и ремонтов до 40 %, увеличить среднюю величину наработки на отказ, в среднем в 1,21 раза, уменьшить время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, в среднем в 1,24 раза;

- в применении результатов исследований в учебном процессе при чтении лекций, проведении лабораторных и практических занятий по вопросам организации технического сервиса современной сельскохозяйственной техники.

Результаты работы внедрены на предприятиях: ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА»; ООО «Мировая техника»; ООО «Агросоюз-Маркет». Они также могут быть использованы на других предприятиях, организующих и осуществляющих деятельность в сфере технического сервиса сельскохозяйственной техники.

**Методология и методы исследований.** Методология исследований построена на диалектическом методе познания, условия адекватности исследовательских подходов и средств, позволяющих получить истинные знания об объекте, его параметрах. Основой для выполнения исследований послужили труды отечественных и зарубежных ученых по проблемам совершенствования организационной структуры системы технического сервиса сельскохозяйственной техники.

При решении обозначенных задач диссертационного исследования были использованы следующие методы: эмпирические (наблюдение, сравнение, счет, измерение), экспериментально-теоретические, статистические методы обработки данных, теория множеств, анализ, синтез и обобщение полученных результатов.

**Научные положения и результаты исследований**, выносимые на защиту:

- математическая модель определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса;
- алгоритм и программное обеспечение для определения рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса;
- результаты сравнительного исследования времени нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути для проведения операций ТО и ремонтов в зависимости от количества и местоположения центров технического сервиса;
- результаты сравнительных исследований безотказности сельскохозяйственной техники и времени ее простоя в ожидании ремонта в зависимости от количества и местоположения центров технического сервиса и оценка экономической эффективности предлагаемых организационных решений.

**Степень достоверности и апробация результатов** обеспечены применением стандартных методик исследований и систем мониторинга сельскохозяйственной техники, обработкой экспериментальных данных методами математической статистики, высокой сходимость теоретических и экспериментальных данных.

Основные положения и результаты исследований были доложены, обсуждены и одобрены:

- на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова» (г. Саратов, 2013–2022 гг.);
- на Международном научно-техническом семинаре «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (г. Саратов, 2013–2022 гг.);

- на VI Неделе мирового агробизнеса (г. Самара, 2019 г.);
- на 3-й Всероссийской научной конференции «Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее» (г. Курск, 2020 г.);
- на Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» (г. Тамбов, 2021 г.).

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 4 в рецензируемых научных изданиях. Общий объем публикаций – 5,86 печ. л., из которых 2,72 печ. л. принадлежит лично соискателю.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 153 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц, 44 рисунка, 10 приложений. Список литературы включает в себя 124 наименования, из них 11 на иностранных языках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, отражены степень ее разработанности, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Изложены методология и методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, цель и задачи исследования.

В **первой главе «Состояние вопроса, цель и задачи исследования»** на основании обзора литературных источников установлено, что прослеживается положительная динамика увеличения объема сельскохозяйственной техники, производимой в России. Увеличение количества сельскохозяйственной техники, ее постоянное совершенствование, повышение мощностей, применение новейших материалов и технологий производства, а также возрастная структура имеющейся сельскохозяйственной техники требуют развития и совершенствования сферы технического обслуживания и ремонта для максимально оперативного реагирования на каждый отказ техники и качественного его устранения.

В результате проведенного анализа особенностей эксплуатации современной сельскохозяйственной техники установлено отсутствие принципиальной разницы между эксплуатацией отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники. При этом для повышения эффективности эксплуатации и поддержания работоспособности сельскохозяйственной техники должна быть организована эффективная система ее технического сервиса.

Анализ литературных и производственных данных показал, что наиболее рациональной является дилерская система технического сервиса. Однако расположение сервисных центров дилеров в большинстве случаев не может обеспечить соблюдение регламентированного расстояния максимально допустимой удаленности объекта технического обслуживания или ремонта от сервисного центра, устанавливаемое заводами – изготовителями сельскохозяйственной техники в пределах 200 км. Этот факт негативно влияет на оперативность устранения отказов, приводит к нарушению установленных сроков ремонта и,

как следствие, к необоснованному простою сельскохозяйственной техники, что в конечном счете влечет за собой серьезные убытки как сельхозтоваропроизводителя, так и дилера.

Во второй главе «*Теоретическое обоснование местоположения дополнительных сервисных центров*» рассмотрены теоретические зависимости и предложена математическая модель определения рационального количества и местоположения пунктов технического сервиса сельскохозяйственной техники.

На первом этапе рационализации расположения региональных центров технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники устанавливали их количество в рассматриваемой области. Для этого учитывали требования соответствующих базовых дилерских стандартов, которые регламентируют организацию головного и дополнительных сервисных центров в зависимости от количества техники, находящейся в рассматриваемой территориальной области.

Количество центров технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники  $N$  в рассматриваемой территориальной области определяли по формуле:

$$N = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n m_i - H_{\Gamma}}{H_{\Delta}}, \quad (1)$$

где  $m_i$  – единица сельскохозяйственной техники, обслуживаемая данным сервисным центром в рассматриваемой области;  $H_{\Gamma}$  – норматив максимально рекомендованной нагрузки на головной сервисный центр, ед.;  $H_{\Delta}$  – норматив максимально рекомендованной нагрузки на дополнительный сервисный центр, ед.

Вторым этапом являлось определение рационального местоположения дополнительных сервисных центров в рассматриваемой территориальной области.

Общее время, затрачиваемое специалистами мобильной сервисной бригады на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники  $t_p$  определяли по формуле:

$$t_p = t_{\Pi} + t_{\text{в пути}} + t_{\text{работы}}, \quad (2)$$

где  $t_{\Pi}$  – время на подготовку специалистов бригады к выезду, ч;  $t_{\text{в пути}}$  – время нахождения специалистов бригады в пути, ч;  $t_{\text{работы}}$  – время проведения работ специалистами бригады по регламенту, ч.

Базовые дилерские стандарты производителей сельскохозяйственной техники регламентируют распределение времени работы специалистов мобильной сервисной бригады в следующем соотношении:

- время на подготовку специалистов бригады к выезду  $t_{\Pi}$  – не более 1 ч;
- время проведения работ специалистами бригады  $t_{\text{работы}}$  – 65 % от  $t_p$  (5,2 ч).

Поскольку время на подготовку специалиста к выезду и время проведения работ регламентируются базовыми дилерскими стандартами, то применительно к дилерским организациям единственным параметром сокращения времени работ по техническому сервису является время в пути. В связи с этим критери-



ем рационализации расположения дополнительных сервисных центров было выбрано эффективное время  $t_3$ , которое затрачивается на преодоление расстояния до всей техники в области из каждого конкретного районного центра.

На основе анализа литературных данных, нормативно-технической документации и производственного опыта была установлена функциональная зависимость:

$$t_3 = f(m_i; S_i; v_{cp}; K_{ди}), \quad (3)$$

где  $S_i$  – расстояние до единицы сельскохозяйственной техники, обслуживаемой данным сервисным центром в рассматриваемой области, км;  $v_{cp}$  – средняя скорость движения автомобиля, км/ч;  $K_{ди}$  – коэффициент доступности между рассматриваемыми районными центрами.

Выбор рационального местоположения проводили путем сопоставления полученных значений  $t_3$  для каждого конкретного районного центра рассматриваемой территориальной области.

Данное время определяли по следующему выражению:

$$t_{в пути} = t_3 = \frac{2S}{v_{cp}}, \quad (4)$$

где  $S$  – расстояние до сельскохозяйственной техники, обслуживаемой данным сервисным центром в рассматриваемой области, км.

При этом учитывали тот факт, что удвоенное расстояние будет пройдено не менее такого количества раз, которое соответствует количеству сельскохозяйственной техники, обслуживаемой рассматриваемым дополнительным сервисным центром. Формула (4) была представлена в следующем виде:

$$t_3 = \sum_{i=1}^n \frac{m_i 2S_i}{v_{cp}} = \frac{2}{v_{cp}} \sum_{i=1}^n m_i S_i. \quad (5)$$

Поскольку в реальных условиях доступность потенциальных мест расположения дополнительных сервисных центров различна, было принято решение учитывать данный факт в формуле (5) коэффициентом доступности  $k_{д}$  конкретного районного центра.

Коэффициент доступности  $k_{д}$  учитывал следующие критерии:

1) критерий дорожной инфраструктуры  $k_{ди}$  – отношение суммы длин пути  $S_{к_{ди}}$  по определенному виду дорожного покрытия, умноженное на величину коэффициента  $\xi_i$  для этого покрытия, ко всему пути  $S_i$  между рассматриваемыми объектами:

$$k_{ди} = \frac{\sum_{i=1}^n (S_{к_{ди}} \xi_i)}{S_i}; \quad (6)$$

2) коэффициент  $k_{но}$  наличия объезда:

$$k_{\text{но}} = 0,1 - \frac{S_o - S_i}{S_i}; S_o \leq 2S_i, \quad (7)$$

где  $S_o$  – протяженность объездного пути, км;

3) коэффициент  $k_{\text{п}}$  наличия преград на пути следования:

$$k_{\text{п}} = N_{\text{п}} \cdot 0,05, \quad (8)$$

где  $N_{\text{п}}$  – количество преград на пути следования;

4) коэффициент  $k_{\text{пр}}$  превышения расстояния между рассматриваемыми объектами более 200 км:

$$k_{\text{пр}} = (S_i - 200) \cdot 0,001; S_i > 200. \quad (9)$$

Таким образом, выражение для определения коэффициента доступности было представлено в следующем виде:

$$k_{\text{д}} = k_{\text{ди}} + k_{\text{но}} - k_{\text{п}} - k_{\text{пр}}. \quad (10)$$

Так как коэффициент доступности оказывал влияние на среднюю скорость движения автомобиля, то формула (5) была преобразована в следующий вид:

$$t_{\text{с}} = \frac{2}{v_{\text{ср}}} \sum_{i=1}^n \frac{m_i S_i}{k_{\text{ди}}}. \quad (11)$$

Анализ полученной формулы (11) показал, что рациональное местоположение дополнительных сервисных центров будет тем точнее, чем меньше их одновременно надо определить. Указанный недостаток устраняли путем деления всей области на подобласти, а затем внутри каждой подобласти определяли рациональное местоположение дополнительных сервисных центров по формуле (11). Для решения данной задачи использовали теорию множеств, элементы которой позволяли установить соответствие между рассматриваемой областью как территориальным субъектом и некоторым множеством как математическим объектом, обладающим определенными математическими свойствами. Представление области, являющейся территориальной единицей, в качестве множества, определенного как математический объект, позволило абстрагироваться и перейти к изучению его физических свойств, используя математические символы и критерии.

В качестве примера рационализации расположения дополнительных сервисных центров рассматривали Саратовскую область, разделенную на районы. Для расчетов использовали множество  $\{E_{\Omega}\}$ . В качестве его объектов рассматривали единицы сельскохозяйственной техники, расположенные на территории Саратовской области и подлежащие техническому обслуживанию и ремонту. Таким образом, одна единица техники на территории области соответствовала одному объекту множества  $\{E_{\Omega}\}$ . В результате было установлено, что любое множество можно разделить на конечное количество подмножеств, а в каждом подмножестве определить количество сельскохозяйственной техники, которая входит в него, и производить расчеты только с данной техникой (рисунок 1).

В результате проведенных изысканий было установлено, что для правильного распределения множества на подмножества (или области на подобласти) необходимо соблюдение следующих условий:

- количество подобластей равно общему количеству сервисных центров (головной (ГСЦ) и дополнительные (ДСЦ<sub>*i*</sub>)) в области:

$$E_{\Omega_p} = \text{ГСЦ} + \sum_{i=1}^n \text{ДСЦ}_i; \quad (12)$$

- количество техники  $m_{i_p}$ , попавшей в подобласть, должно стремиться быть равным общему количеству техники, деленному на количество сервисных центров в области  $N$ :

$$m_{i_p} \approx \frac{m_i}{N}. \quad (13)$$



Рисунок 1 – Схема распределения подобластей в Саратовской области  $E_{\Omega}$ :  $E_{\Omega_{p-1}}, E_{\Omega_p}, E_{\Omega_{p+1}}$  – подобласти, в каждой из которых может быть расположен дополнительный сервисный центр;  $\Gamma_{\Omega_{p-1}}, \Gamma_{\Omega_p}, \Gamma_{\Omega_{p+1}}$  – границы подобластей

$E_{\Omega_{p-1}}, E_{\Omega_p}, E_{\Omega_{p+1}}$  соответственно

После разделения области на подобласти выбирали одну, а затем для каждого попавшего в нее районного центра определяли эффективное время  $t_i$  по формуле (11) и на основании данного показателя делали вывод о целесообразности расположения дополнительного сервисного центра именно в этом рай-

онном центре. Определение происходило внутри каждой подобласти, в которой расположение дополнительного сервисного центра еще не определено.

Таким образом, была разработана теоретическая модель, позволяющая определять рациональное количество и местоположение региональных центров технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в рассматриваемой области, являющейся произвольным территориальным субъектом.

**Третья глава «Программа и методика проведения исследований»** содержит программу и методики исследований параметров, позволяющих оценить степень эффективности системы технического сервиса сельскохозяйственной техники.

Алгоритм и программное обеспечение для определения рационального местоположения пунктов технического сервиса разрабатывали на основе популярных программных продуктов с открытым исходным кодом и свободным доступом. Блок-схема разработанного алгоритма представлена на рисунке 2.

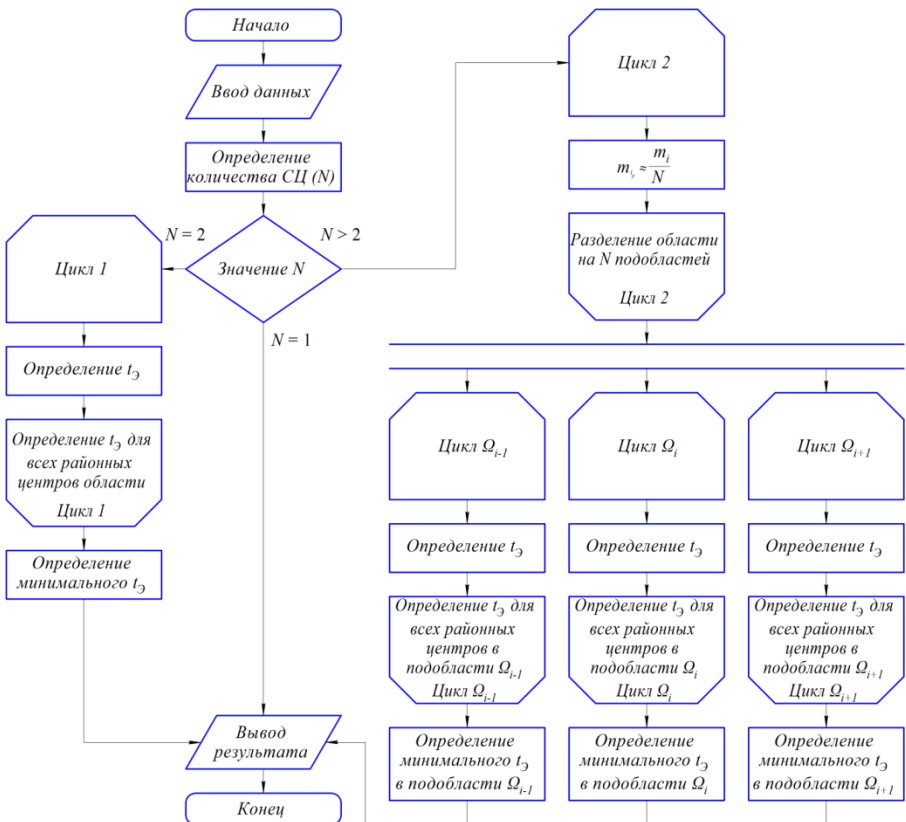


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма программы определения рационального местоположения дополнительных сервисных центров

Все производственные испытания проводили на примере дилерской организации ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА».

Степень эффективности системы технического сервиса сельскохозяйственной техники в ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА» в результате использования предложенных мероприятий оценивали по следующим параметрам:

- время нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути для проведения операций ТО и ремонта;
- безотказность работы сельскохозяйственной техники;
- время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей проведения ремонта.

- экономическая эффективность работы дилерской организации.

Исследование время нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути для проведения операций ТО и ремонта включало в себе два этапа:

- теоретическо-практический – для подтверждения достоверности разработанной теоретической модели;
- сравнительный – для сравнения времени в пути из фактически существующих сервисных центров и предложенных в соответствии с разработанной теоретической моделью.

Теоретическое время в пути рассчитывали по выражению (11), а практическое определяли на основе анализа информации из баз данных программного обеспечения Wialon, являющегося платформой для GPS/Глонасс мониторинга и IoT (Internet of Things, или Интернет вещей), за рассматриваемый период. Данное программное обеспечение широко используется компанией ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА» и позволяет в режиме реального времени отслеживать маршрут движения любого транспортного средства, подключенного к системе мониторинга. Для проведения сравнительного этапа данных исследований были выделены специалисты мобильных сервисных бригад, работающие параллельно из фактически существующих и предлагаемых сервисных центров.

Безотказность сельскохозяйственной техники определяли в результате проведения испытаний и наблюдений за группой машин в условиях их нормальной эксплуатации в процессе выполнения различных технологических операций. Основным источником для сбора статистической информации о безотказности являлись данные, полученные при помощи анализа баз данных специализированного программного обеспечения, такого, как JDLINK (рисунок 3). Данное программное обеспечение позволяет фиксировать момент наступления и наработку между отказами сельскохозяйственной техники. Исследования носили сравнительный характер между фактически существующими и предлагаемыми сервисными центрами.

Время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, определяли по базам данных программного обеспечения JDLINK, которое в том числе позволяет фиксировать время, затрачиваемое на устранение отказов (рисунок 4).

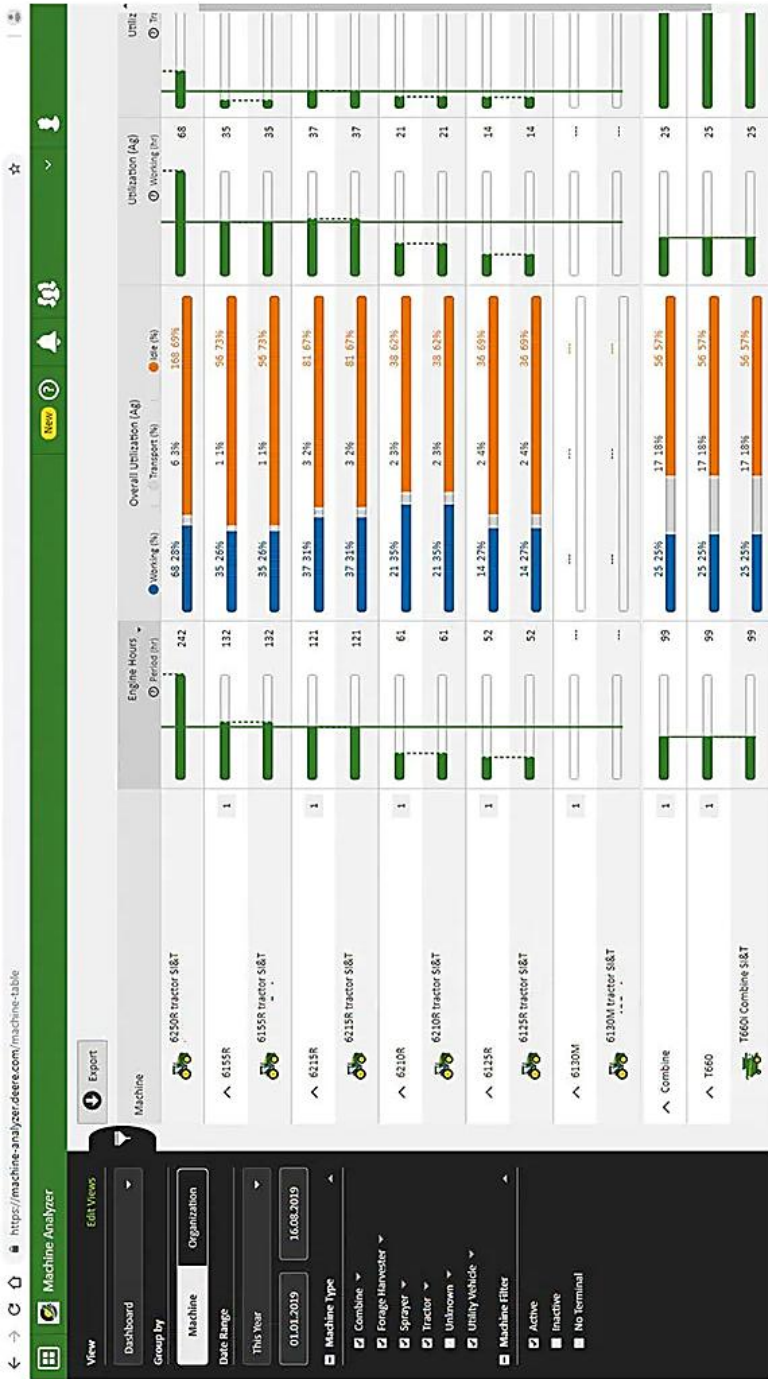


Рисунок 3 – Телематическая система JDLink

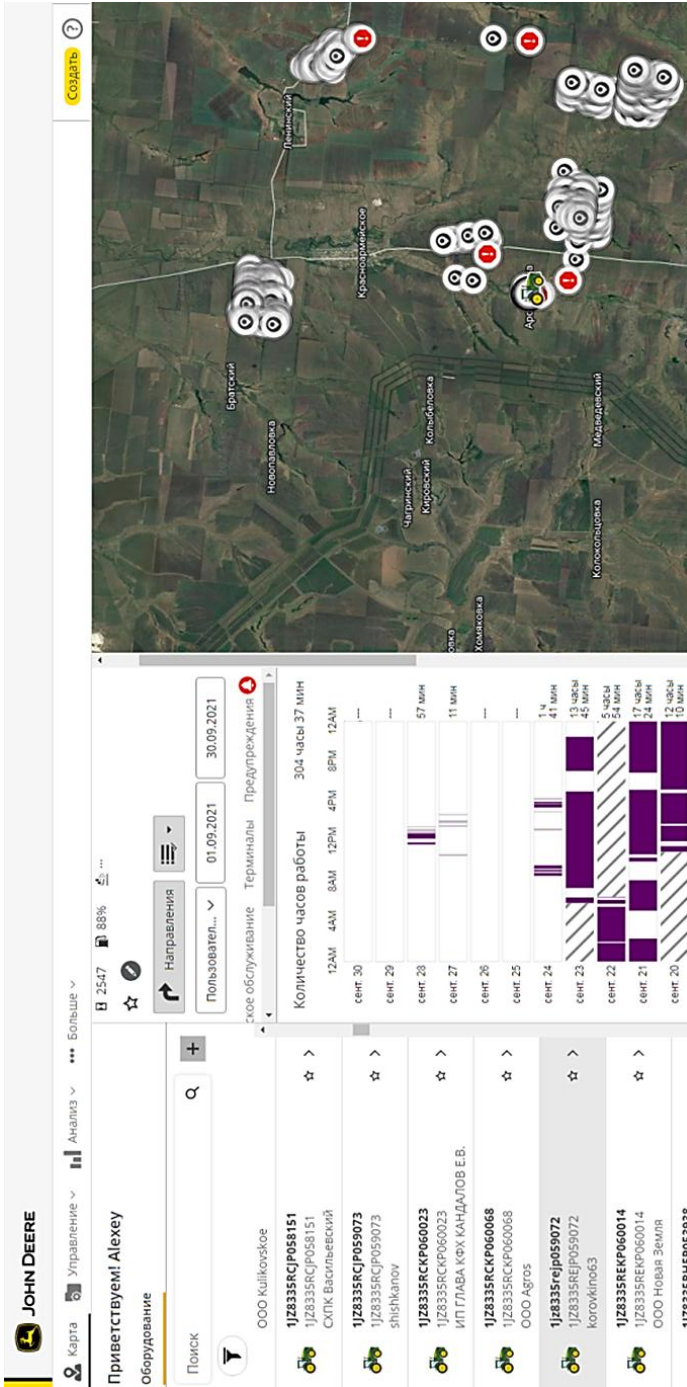
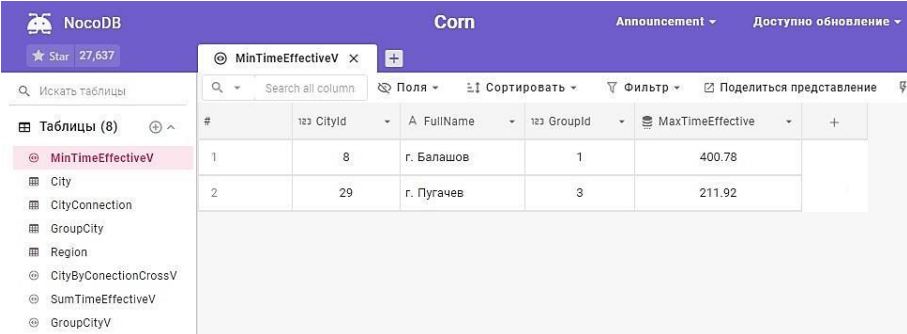


Рисунок 4 – Определение времени простоя сельскохозяйственной техники в программном обеспечении JDLink

В четвертой главе «*Результаты исследований*» приведены результаты разработки программного обеспечения, а также результаты исследований по определению времени нахождения специалистов мобильной сервисной бригады в пути, безотказности работы сельскохозяйственной техники и времени простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта.

На основании предложенной теоретической модели был составлен алгоритм и разработано программное обеспечение, позволяющее определять рациональное местоположение сервисных центров (рисунок 5).



#	123 CityId	A FullName	123 GroupId	MaxTimeEffective	
1	8	г. Балашов	1	400.78	
2	29	г. Пугачев	3	211.92	

Рисунок 5 – Результат определения рационального местоположения дополнительных сервисных центров ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА» в Саратовской обл.

С помощью разработанного программного обеспечения были определены предлагаемые сервисные центры для ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА» (рисунок 6).

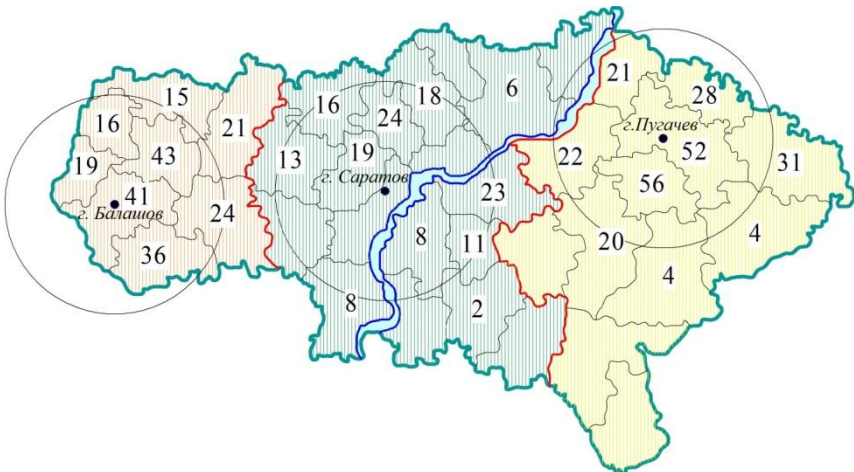


Рисунок 6 – Распределение сервисных зон с учетом расположения дополнительных сервисных центров в г. Балашов и г. Пугачев



Данные, полученные с помощью разработанного программного обеспечения, не соответствовали фактическому местоположению дополнительных сервисных центров (р.п. Горный и г. Аркадак) ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА». Таким образом, для проведения исследований были определены две сравнительные модели работы сервисной службы ООО «ТВС-АГРОТЕХНИКА»:

- фактически существующее местоположение сервисных центров (р.п. Горный и г. Аркадак);
- предложенное программным обеспечением на основе разработанной теоретической модели (г. Балашов и г. Пугачев).

Результаты сравнения теоретических и практических результатов определения времени в пути представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Сравнение теоретических и практических результатов определения времени в пути специалистов мобильных сервисных бригад**

Местоположение сервисных центров	$t_3^{\text{теор}}$ , ч	$t_3^{\text{практ}}$ , ч	Расхождение, %
г. Саратов	3,73	4,08	9,4
г. Саратов + р.п. Горный	2,23	2,42	8,5
г. Саратов + р.п. Горный + г. Аркадак	1,59	1,66	4,4

Анализ полученных данных показал, что расхождение теоретических значений с практическими составляет не более 10 %, что подтверждает адекватность разработанной теоретической модели.

Результаты проведения сравнительного исследования времени в пути специалистов мобильных сервисных бригад представлены в таблице 2.

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что в левобережье Саратовской области группа специалистов, работающая из г. Пугачев, провела времени в пути для выполнения работ по техническому обслуживанию 1330,3 часа. Это на 40 % меньше, чем аналогичная группа, работающая из р.п. Горный. В правобережье Саратовской области группа специалистов мобильных сервисных бригад, работающая из г. Балашов, провела в пути для выполнения работ по техническому обслуживанию 936,85 часа, или на 31 % меньше, чем аналогичная группа, работающая из г. Аркадак. Полученные данные подтверждают достоверность проведенных расчетов и высокую эффективность предложенного местоположения сервисных центров.

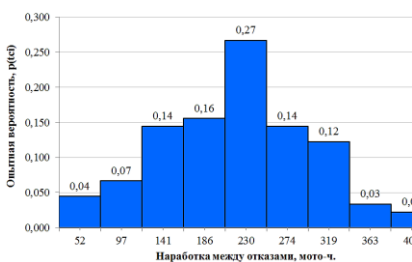
Результаты исследования безотказности сельскохозяйственной техники представлены на рисунке 7.

В результате проведенных исследований было установлено, что с доверительной вероятностью 95 % средняя величина наработок между отказами при предложенном местоположении сервисных центров составила 265,2 мото-ч. Это в 1,21 раза больше аналогичной величины при фактическом местоположении.

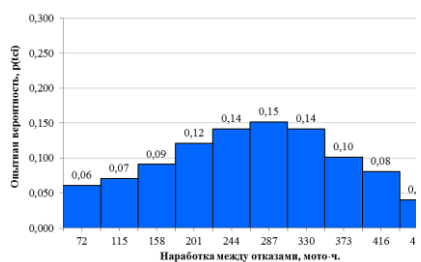
Результаты исследования времени простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, при фактическом и предложенном местоположении сервисных центров представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 2 – Результаты сравнительного исследования времени в пути специалистов мобильных сервисных бригад

Месяц	Исследуемый параметр	Экспериментальная	Контрольная	Экспериментальная	Контрольная
		г. Пугачев	р.п. Горный	г. Балашов	г. Аркадак
Январь	Общее время в пути одного экипажа, ч	23,10	30,40	15,40	21,10
	Время в пути на 1 заявку, ч	2,89	3,80	2,20	3,01
	Количество заявок на 1 экипаж	8	8	7	7
Февраль	Общее время в пути одного экипажа, ч	33,90	47,50	27,20	33,40
	Время в пути на 1 заявку, ч	2,83	3,96	2,47	3,04
	Количество заявок на 1 экипаж	12	12	11	11
...					
Ноябрь	Общее время в пути одного экипажа, ч	91,30	128,10	66,90	82,80
	Время в пути на 1 заявку, ч	2,85	4,00	2,39	2,86
	Количество заявок на 1 экипаж	32	32	28	29
Декабрь	Общее время в пути одного экипажа, ч	84,10	113,00	55,60	73,60
	Время в пути на 1 заявку, ч	3,00	4,04	2,22	3,07
	Количество заявок на 1 экипаж	28	28	25	24
Всего	Общее время в пути одного экипажа, ч	1330,3	1864,4	936,85	1227,2
	Время в пути на 1 заявку, ч	2,88	4,03	2,29	3,00
	Количество заявок на 1 экипаж	460	460	410	410



а



б

Рисунок 7 – Гистограммы опытных вероятностей случайных величин:  
 а – фактически существующее распределение сервисных центров (р.п. Горный и г. Аркадак); б – распределение сервисных центров (г. Балашов и г. Пугачев), предложенное программным обеспечением

Таблица 3 – **Время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, при фактическом местоположении сервисных центров, ч**

Месяц	№ отказа												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Январь	5,6	3,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Февраль	2,1	4,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Март	6,1	2,1	3,4	4,3	5,8	2,4	–	–	–	–	–	–	–
Апрель	4,8	4,5	4,6	5,5	2,7	1,5	5,2	1,4	3,2	1,5	–	–	–
Май	3,4	6,3	5,8	4,3	3,0	2,3	3,7	1,7	2,1	3,6	–	–	–
Июнь	3,3	1,7	5,8	5,6	4,3	5,8	1,6	1,9	–	–	–	–	–
Июль	3,1	6,2	3,0	6,7	3,9	1,6	3,1	4,7	1,0	3,7	4,6	4,8	4,1
Август	1,3	3,1	3,8	4,8	5,1	3,1	1,8	6,6	4,9	3,3	3,6	5,0	–
Сентябрь	1,4	1,3	2,2	5,3	2,5	3,8	1,3	–	–	–	–	–	–
Октябрь	2,3	6,5	1,9	5,2	6,3	5,4	3,8	1,6	2,0	–	–	–	–
Ноябрь	2,7	2,8	3,2	3,6	1,8	2,9	–	–	–	–	–	–	–
Декабрь	1,9	3,1	3,2	2,9	2,7	–	–	–	–	–	–	–	–
Среднее значение	3,57												

Таблица 4 – **Время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, при предложенном местоположении сервисных центров, ч**

Месяц	№ отказа												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Январь	3,3	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Февраль	1,2	2,7	4,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Март	4,5	1,7	2,5	3,2	3,6	1,9	4,2	–	–	–	–	–	–
Апрель	1,6	1,2	2,1	3,9	1,3	4,1	3,8	1,7	4,9	3,2	3,6	–	–
Май	2,9	4,9	2,3	1,9	1,3	1,1	2,2	1,5	1,9	2,1	–	–	–
Июнь	3,1	4,2	2,1	1,1	1,7	1,1	4,9	2,2	1,4	–	–	–	–
Июль	4,4	2,8	4,8	4,0	1,2	1,7	2,1	1,5	1,9	2,6	3,6	3,5	5,3
Август	2,7	3,9	2,6	1,8	3,1	4,1	2,2	4,5	1,9	3,4	4,9	2,4	4,1
Сентябрь	5,4	1,5	3,4	2,4	2,9	2,8	3,9	1,8	–	–	–	–	–
Октябрь	1,1	5,2	1,2	3,1	2,3	2,1	5,1	3,1	2,7	1,4	–	–	–
Ноябрь	3,8	3,2	2,4	3,2	2,8	5,2	4,0	–	–	–	–	–	–
Декабрь	1,8	2,5	4,7	2,7	1,7	2,3	–	–	–	–	–	–	–
Среднее значение	2,88												

Из данных, представленных в таблицах 3 и 4, видно, что среднее время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, при предложенном местоположении сервисных центров составило 2,88 часа, что в 1,24 раза меньше, чем аналогичное время при фактическом местоположении сервисных центров.

В пятой главе *«Оценка экономической эффективности предлагаемых организационных решений»* дана оценка экономической эффективности применения разработанного программного обеспечения для выбора рационального местоположения сервисных центров. Годовой экономический эффект от предлагаемых организационных решений составил 10681 тыс. руб., а срок окупаемости капиталовложений – 2,9 года. Проведенные расчеты свидетельствуют об экономической целесообразности применения разработанной технологии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена одна из важных задач в сфере технического сервиса сельскохозяйственной техники – повышение эффективности системы технического сервиса сельскохозяйственной техники путем рационального расположения сервисных центров региональных дилерских организаций.

1. В результате проведенного анализа статистических данных установлено, что прослеживается ежегодная положительная динамика увеличения объема сельскохозяйственной техники, производимой в России. Анализ литературных и производственных данных показал, что наиболее рациональной является дилерская система технического сервиса. Однако сервисные службы дилеров ввиду географических особенностей большинства областей страны вынуждены в большинстве случаев нарушать регламентированное расстояние максимально допустимой удаленности объекта технического обслуживания или ремонта от дилерского центра, устанавливаемое заводами-изготовителями сельскохозяйственной техники в пределах 200 км. Этот факт негативно влияет на скорость устранения отказов, приводит к нарушению установленных сроков ремонта и, как следствие, к необоснованному простоя сельскохозяйственной техники, что в конечном счете влечет за собой серьезные убытки как сельхозпроизводителя, так и дилера.

2. Предложена теоретическая модель определения наиболее рационального количества и местоположения дополнительных региональных центров технического сервиса сельскохозяйственной техники. Методика определения наиболее рационального местоположения дополнительных сервисных центров включает в себя разделение рассматриваемой области на подобласти, используя теорию множеств, определение значений эффективного времени для каждого районного центра, вошедшего в рассматриваемую подобласть по выражению (11) и выбор одного районного центра внутри каждой рассматриваемой подобласти по наименьшему значению величины эффективного времени.

3. На основании предложенной теоретической модели разработан алгоритм и реализовано программное обеспечение для определения рационального количества и местоположения дополнительных сервисных центров в рассматриваемой территориальной области. Для создания программного обеспечения была использована

платформа управления базами данных NocoDB. Программный продукт выполнен в виде серверного приложения на веб-сервере через SaaS-модель.

4. Апробация предлагаемых организационных решений и все исследования проведены на примере дилерской организации ООО «ГВС-АГРОТЕХНИКА». С помощью разработанного программного обеспечения было установлено, что наиболее рациональным местоположением дополнительных сервисных центров для данной организации являются г. Балашов и г. Пугачев Саратовской области. Расчет среднего времени в пути специалистов мобильных сервисных бригад по предложенной теоретической модели и сопоставление теоретических значений с практическими показали, что расхождение не превышает 10 %. Это подтверждает правомерность выдвинутых теоретических предположений. Проведенные сравнительные исследования показали, что в левобережье Саратовской области группа сервисных инженеров, работающая из предложенного сервисного центра в г. Пугачев, провела времени в пути на 40 % меньше, чем аналогичная группа, работающая из фактического сервисного центра в р.п. Горный. В правобережье Саратовской области группа сервисных инженеров, работающая из предложенного сервисного центра в г. Балашов, провела времени в пути на 31 % меньше, чем аналогичная группа, работающая из фактического сервисного центра в г. Аркадак.

5. В результате проведенных исследований безотказности сельскохозяйственной техники было установлено, что средняя величина наработок между отказами при предложенном местоположении сервисных центров составила 265,2 мото-ч. Это в 1,21 раза больше аналогичной величины при фактическом местоположении. Время простоя сельскохозяйственной техники, ожидающей ремонта, при фактическом местоположении сервисных центров составило 3,57 часа, а при предложенном – 2,88 часа, или в 1,24 раза меньше. Установлено, что годовой экономический эффект от предлагаемых организационных решений составил 10681 тыс. руб., а срок окупаемости капиталовложений – 2,9 года.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

Предложенная методика определения рационального местоположения дополнительных сервисных центров и ее реализация в виде программного обеспечения рекомендуются к внедрению на предприятиях, являющихся официальными дилерами сельскохозяйственной техники, осуществляющих свою деятельность на территории Российской Федерации.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Направлениями дальнейшего исследования по данной тематике могут быть:

- расширение базы данных коэффициентов доступности для других областей Российской Федерации;
- уточнение методики путем включения в математическую модель иной сельскохозяйственной техники, кроме тракторов и комбайнов, а также сельскохозяйственных орудий, обслуживаемых дилерами.

## СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

### *Рецензируемые научные издания, рекомендованные ВАК Минобрнауки РФ*

1. Оптимизация расположения региональных центров технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, **А. А. Меденко**, П. А. Горбушин, С. В. Чумакова // Наука в центральной России. – 2022. – № 2 (56). – С. 5–16.
2. *Меденко, А. А.* Математическое моделирование расположения сети центров технического сервиса сельскохозяйственной техники / **А. А. Меденко** // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 3. – С. 95–99.
3. Теоретическая модель определения местоположения пунктов технического сервиса сельскохозяйственной техники / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, **А. А. Меденко**, С. В. Чумакова, В. А. Анисимова // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14. – № 6 (94). – С. 938–945.
4. *Шишурин, С. А.* Повышение эффективности сервисных центров сельскохозяйственной техники John Deere на территории Саратовской области / С. А. Шишурин, С. В. Чумакова, **А. А. Меденко** // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 8. – С. 65–68.

### *Журналы, сборники научных трудов, материалы конференций и семинаров*

5. Совершенствование организационной структуры технического сервиса сельскохозяйственной техники John Deere на территории Саратовской области / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, П. А. Горбушин, **А. А. Меденко** // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : сб. научных докладов XXI Международной научно-практической конференции. – Тамбов, 2021. – С. 101–104.
6. Система организации технического сервиса сельскохозяйственной техники региональными дилерами в Саратовской области / С. А. Шишурин, П. А. Горбушин, С. В. Чумакова, **А. А. Меденко** // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы XXXIV Международной научно-технической конференции имени Михайлова В. В. – Саратов, 2021. – С. 103–107.
7. Алгоритм определения рационального расположения дополнительных сервисных центров / А. А. Игнатьев, Р. М. Косачев, П. А. Горбушин, С. А. Шишурин, **А. А. Меденко** // Проблемы и перспективы развития России : молодежный взгляд в будущее : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции. – Курск, 2020. – С. 255–257.
8. Проектирование дополнительного сервисного центра для ООО «ГВС-АГРОТЕХНИКА» / С. А. Шишурин, П. А. Горбушин, С. В. Чумакова, **А. А. Меденко** // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы Национальной научно-технической конференции с международным участием имени В. В. Михайлова. – Саратов, 2020. – С. 96–101.

9. Оптимизация расположения пунктов технического сервиса сельскохозяйственной техники / С. А. Шишурин, **А. А. Меденко**, С. В. Чумакова, В. А. Анисимова // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : Материалы Международного научно-технического семинара имени В. В. Михайлова. – Саратов, 2019. – С. 155–157.

10. Calculation of the Desired Number of Specialists in Creating Network Service Centers of the Import Agricultural Machinery / V. V. Safonov, S. A. Shishurin, **А. А. Меденко**, A. S. Savenkov // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции / Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2018. – С. 723–724.

11. *Shishurin, S. A. Material Support of Service Departments Staff of the Dealer Organizations / S. A. Shishurin, **А. А. Меденко**, A. A. Dubov // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции / Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2018. – С. 732–735.*

12. *Шишурин, С. А. Совершенствование системы технического сервиса в дилерских организациях сельскохозяйственной техники / С. А. Шишурин, **А. А. Меденко**, Н. В. Сажин // Научная мысль. – 2017. – № 3. – С. 152–154.*

13. *Шишурин, С. А. Материально-техническое обеспечение сотрудников сервисных отделов дилерских организаций / С. А. Шишурин, **А. А. Меденко**, А. А. Дубов // Научная мысль. – 2016. – № 5. – С. 143–146.*

14. Расчет необходимого количества специалистов сервисной службы при создании сети сервисных центров импортной сельхозтехники / В. В. Сафонов, С. А. Шишурин, **А. А. Меденко**, А. С. Савенков // Научная мысль. – 2015. – № 3. – С. 308–310.

15. *Шишурин, С. А. Улучшение сервисного обслуживания импортной сельскохозяйственной техники на территории Саратовской области / С. А. Шишурин, В. В. Сафонов, **А. А. Меденко** // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : материалы Международного научно-технического семинара имени В. В. Михайлова. – Саратов, 2013. – С. 172–174.*