

На правах рукописи

**Есин Олег Александрович**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ  
ПУТЕМ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА  
(НА ПРИМЕРЕ ДИЛЕРСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Саратов 2016

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

**Научный руководитель –**

**Гутуев Магомед Шайхович,**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Мачнев Валентин Андреевич,**  
доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Пензенская  
государственная сельскохозяйственная  
академия», профессор кафедры  
«Основы конструирования механизмов  
и машин»

**Чепурин Александр Васильевич,**  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Российский  
государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А.  
Тимирязева», доцент кафедры  
«Технический сервис машин и  
оборудования»

**Ведущая организация**

ФГБОУ ВО «Саратовский  
государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Защита диссертации состоится «17» февраля 2017 г. в 12 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 [www.sgau.ru](http://www.sgau.ru).

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

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Чекмарев Василий Васильевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Главным сдерживающим фактором технической и технологической модернизации сельского хозяйства РФ в целом и региона в частности является состояние машинно-тракторного парка (МТП). В Саратовской области обеспеченность предприятий АПК сельскохозяйственной техникой составляет в настоящее время 40-50% от нормативной потребности. За последние 5 лет произошло значительное сокращение МТП по большинству основных видов техники, что привело к снижению удельной энергообеспеченности на единицу обрабатываемой площади до 1,2 л.с./га (при норме 3 л.с./га), увеличению нагрузки на имеющуюся технику и как следствие – увеличению числа возникающих неисправностей. Снижение обеспеченности сельскохозяйственных предприятий необходимыми видами техники обусловлено также нарушением соотношения между количеством поступающих и выбывающих из-за износа и устаревания машин.

Таким образом, соблюдение агротехнических сроков сельскохозяйственного производства во время энергозатратных полевых работ во многом зависит от сервисных предприятий, которые должны максимально оперативно реагировать на отказ техники и качественно его устранять. Работы по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники выполняются силами мобильных бригад. Саратовская область характеризуется значительной географической протяженностью, которая отражается в увеличении транспортных расходов сервисных предприятий, простое сельскохозяйственной техники и, как следствие, снижении показателей эффективности АПК. Исходя из вышесказанного, организация регионального технического сервиса нуждается в совершенствовании и рационализации в рамках приоритетного научного направления «Модернизация инженерно-технического обеспечения АПК» (регистрационный номер 01201151795).

**Степень разработанности темы исследования.** Организации технического сервиса и оптимизации процесса оказания сервисных услуг посвящены работы таких ученых, как Левитский И.С., Ульман И.Е., Конкин Ю.А., Емелин Ю.Б., Сафаров Х., Абдразаков Э.Ф. и Трофимец Н.Л. Выводы и рекомендации в них основаны на исследовании оптимального расстояния от сервисной службы до сельскохозяйственного предприятия и площади зоны обслуживания. Практически не затронут вопрос об интенсивности входящего потока запросов на ремонтно-обслуживающее воздействие (РОВ) и загруженности сервисных зон, что также оказывает влияние на оперативность проведения и качество технического сервиса. Данные обстоятельства требуют дальнейших исследований для разработки дополнительных рекомендаций.

**Цель работы** – снижение простоев техники и затрат на ее ремонт и техническое обслуживание путем централизации технического сервиса.

**Объект исследований.** Сервисные службы дилерских предприятий Саратовской области.

**Предмет исследований.** Процесс оказания сервисных услуг дилерскими предприятиями, выполняемые работы по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники.

**Задачи исследования:**

1. Обосновать целесообразность и возможные варианты централизации технического обслуживания и ремонта на дилерских предприятиях Саратовской области.
2. Разработать методику планирования годовой нагрузки на дилерские предприятия.
3. Разработать модель оптимизации количества ПРО и формирования комплекта запасных деталей, узлов и агрегатов на складах пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники.
4. Обосновать оптимальное расположение пунктов по ремонту и обслуживанию на территории Саратовской области с соблюдением норматива транспортной удаленности сервисной зоны, проанализировать показатели экономической эффективности системы.

**Научная новизна** диссертации заключается:

- в разработке математической модели оптимизации количества пунктов по ремонту и обслуживанию (ПРО) сельскохозяйственной техники;
- в системном подходе к исследованию интенсивности централизованного входящего потока запросов на ремонтно-обслуживающие воздействия с последующим определением нагрузки на дилерские предприятия;
- в разработке централизованной системы регионального сервиса, подготовке программного обеспечения для расчета и сравнения функциональных параметров моделируемой системы.

**Теоретическая и практическая значимость работы.**

Рассчитаны функциональные параметры моделируемой системы технического сервиса, по которым определяется оптимальная форма ее централизации в заданных условиях.

Разработана методика для определения нагрузки на дилерские предприятия, контроля за состоянием сельскохозяйственной техники в регионе.

В соответствии с годовым объемом сервисных работ определено необходимое количество пунктов по ремонту и обслуживанию техники и обосновано их наиболее рациональное расположение на территории Саратовской области.

**Методология и методы исследования.** Методологической основой работы является комплексный подход к определению функциональных параметров системы технического сервиса.

Теоретические исследования выполнены с использованием теории вероятностей. Экспериментальные исследования проведены в производственных условиях на сервисных предприятиях. Достоверность

полученных результатов подтверждается применением современных методов исследования.

**Научные положения**, выносимые на защиту:

1. Методика планирования нагрузки на сервисные службы дилерских предприятий и определения интенсивности входящего потока запросов на РОВ.

2. Модель оптимизации количества пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники и формирования комплекта запасных деталей, узлов и агрегатов на складах ПРО сельскохозяйственной техники.

3. Определение оптимального географического положения пунктов по ремонту и обслуживанию техники на территории Саратовской области и анализ показателей их эффективности.

**Степень достоверности и апробация результатов** обеспечена достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных данных и подтверждается экспериментальными исследованиями.

Основные научные положения, выводы и практические рекомендации доложены и одобрены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» (Саратов 2013 – 2016 гг.) и на ежегодном конкурсе научно-инновационных проектов молодых ученых университета «Грант ректора» (Саратов 2015 г.). Исследования проводились на базе сервисных служб ОАО «Саратовагропромкомплект», ЗАО «Агросоюз-Маркет» и ООО «Мировая Техника», на основании чего получены акты о внедрении разработок.

Результаты эксперимента сформированы в базу данных, на которую получено свидетельство о государственной регистрации № 2015620788.

Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах, в том числе 4 – в рецензируемых научных изданиях. Общий объем публикаций – 2,87 печ. л., из которых 1,21 печ. л. принадлежит лично соискателю.

Диссертация изложена на 153 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 5 разделов, общих выводов, списка использованной литературы и приложений, содержит 32 рисунка, 26 таблиц, 3 приложения. Список литературы включает 150 наименований, в том числе 8 – на иностранном языке.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность выполненной работы, изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

**В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследований»** приведен анализ современного состояния машинно-тракторного парка АПК, уровень его обеспеченности необходимыми видами сельскохозяйственной техники, а также описан процесс выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию сервисными службами дилерских предприятий области.

Современное состояние МТП и уровень обеспеченности АПК необходимыми видами техники позволяет говорить о том, что система организации технического сервиса сельскохозяйственной техники в Саратовской области не соответствует мировым тенденциям.

В настоящее время обслуживание сельскохозяйственных предприятий осуществляется в соответствии с принятым разделением территории области на сервисные зоны, а центральный офис дилера и мобильные рабочие бригады находятся в областном центре г. Саратове (рисунок 1).

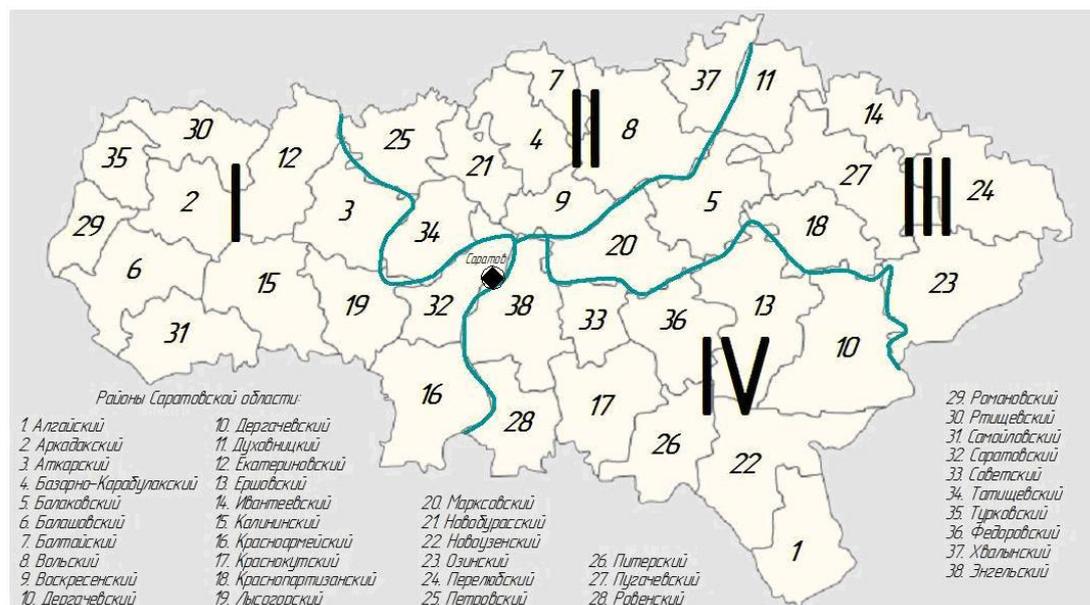


Рисунок 1 – Разделение территории Саратовской области на зоны обслуживания

Благодаря такому разделению сокращается время ожидания необходимых комплектующих и деталей, повышается эффективность технического обслуживания и ремонта. Но оно не является оптимальным по причине неравномерного распределения основных сельскохозяйственных предприятий и их производственных мощностей по территории региона.

Также предприятия-производители сельскохозяйственной техники устанавливают для сервисных служб своих дилеров норматив, согласно которому каждый сервисный экипаж должен обслуживать сервисную зону с максимальным расстоянием удаления не более 200 км.

Проанализировав принятое разделение Саратовской области на сервисные зоны, было выявлено, что в рамках используемого разделения области на зоны не для всех районов выполняется устанавливаемый предприятиями-производителями норматив (Ртищевский район – 204 км, Балашовский – 212 км, Новоузенский – 214 км, Дергачевский – 226 км, Хвалынский – 228 км, Краснопартизанский – 233 км, Аркадакский – 234 км, Пугачевский – 237 км, Духовницкий – 240 км, Романовский – 254 км, Турковский – 261 км, Алгайский – 267 км, Ивантеевский – 280 км, Озинский район – 296 км, Перелюбский – 353 км).

Данный фактор негативно отражается на оперативности осуществления технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в

данных районах. Таким образом, существующее разделение области на сервисные зоны нуждается в дальнейшей централизации и рационализации.

Выполнение дилером гарантийных обязательств и оказание сервисных услуг по техническому обслуживанию и ремонту проданной техники осуществляется на основе заключаемого при продаже сервисного контракта.

Также негативное влияние на состояние машинно-тракторного парка оказывает повышенная нагрузка на единицу техники (удельная энергообеспеченность на единицу обрабатываемой площади – 1,2 л.с./га при норме 3 л.с./га) и несвоевременное его обновление. Ежегодный коэффициент обновления тракторов находится ниже целевого уровня, который составляет 10-12%. При эксплуатации имеющегося парка машин не соблюдаются необходимые технические нормативы, что повышает их износ.

Таким образом, рабочая гипотеза, которая является основой теоретических исследований, сформулирована следующим образом – выбор рационального расположения пунктов по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники следует осуществлять с учетом распределения годового объема ремонтно-обслуживающих воздействий (РОВ) по районам, состояния дорожно-транспортной сети региона, а также принципов размещения производственных зданий и сооружений.

**Во втором разделе «Теоретические аспекты организации и расположения пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники»** приведена модель оптимизации количества пунктов по ремонту и обслуживанию (ПРО) сельскохозяйственной техники. Отправным пунктом при расчетах должно служить выполнение поступающих запросов на РОВ при следующих условиях:

- 1) обязательном выполнении всего запланированного среднегодового количества ремонтно-обслуживающих воздействий  $N$ ;
- 2) время ожидания выполнения запроса  $\tau$  не должно превышать 1 сутки.

Необходимым условием качественного оказания сервисных услуг является следующее выражение:

$$N_{ci} = N_{ri}, \quad (1)$$

где  $N_{ci}$  – количество запросов на РОВ всех единиц сельскохозяйственной техники в рассматриваемом периоде (часы, сутки, год);  $N_{ri}$  – количество ремонтно-обслуживающих воздействий, выполненных за рассматриваемый период.

Все ремонтно-обслуживающие воздействия систематизируются по виду техники и типу работ и нумеруются единым образом  $i = 1 \dots q$ .

Суммарное количество запросов по всем типам и действий по их выполнению должно быть одинаковым:

$$N_c = \sum_i^q N_{ci} = \sum_i^q N_{ri} = N_r. \quad (2)$$

В начальном этапе исследования рассчитаем систему технического сервиса сельскохозяйственной техники при условии отсутствия очередей,

для чего проведена унификация ремонтно-обслуживающих воздействий. Благодаря этому, при расчете производительности моделируемой системы нам нет необходимости производить ранжирование работ по типу (рисунок 2).

Все ремонтно-обслуживающие воздействия выполняются мобильными рабочими бригадами с производительностью  $Y$ , которая зависит от продолжительности рабочей смены механиков. В расчетах примем допущение, что все бригады работают с одинаковой производительностью.

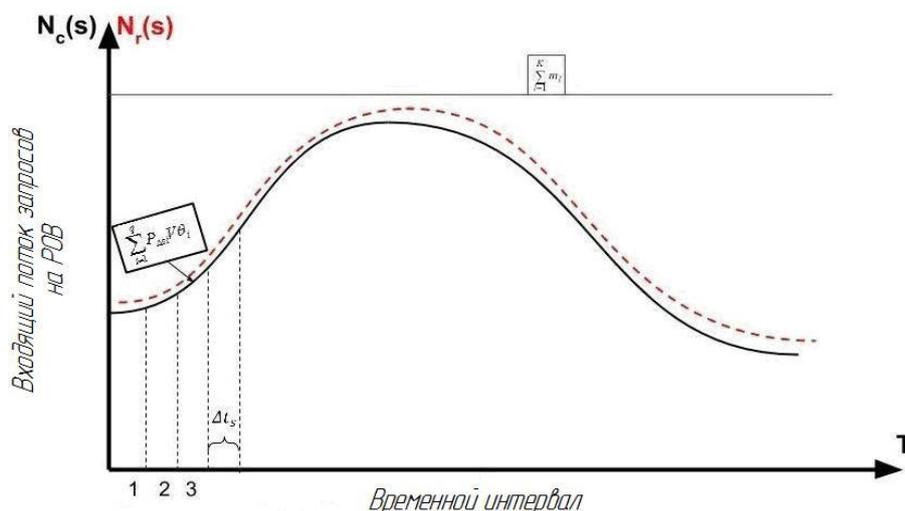


Рисунок 2 – Модель системы технического сервиса без очередей

Вероятность поступления запроса на РОВ зависит от того, в какой интервал времени этот запрос должен поступить. Разбиваем все время работы сельскохозяйственной техники на расчетные интервалы  $\Delta t_s$ , где  $s$  – номер временного интервала во всем рассматриваемом периоде (часы, сутки, год) и проведем оценку вероятности поступления запроса типа  $i$   $P_{\Delta si}$  в расчетный интервал  $\Delta t_s$ :

$$\frac{N_{ci}^s}{\Delta t_s} = \frac{P_{\Delta si} V \theta_i}{\Delta t_s}, \quad (3)$$

$$\frac{N_c^s}{\Delta t_s} = \sum_{i=1}^q \frac{P_{\Delta si} V \theta_i}{\Delta t_s}, \quad (4)$$

где  $V$  – полное количество техники, шт.;  $\theta_i$  – трудоемкость запроса типа  $i$ , н/ч.

Полное количество ремонтно-обслуживающих воздействий, выполняемое всеми мобильными рабочими бригадами за расчетный интервал времени, определим по следующей формуле:

$$N_r^s = \sum_{l=1}^K m_l Y \Delta t_s, \quad (5)$$

где  $m_l$  – количество мобильных рабочих бригад;  $K$  – количество пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники.

Выражение (5) показывает, какое максимальное количество ремонтно-обслуживающих воздействий может быть выполнено системой технического сервиса сельскохозяйственной техники. Но рабочие бригады не будут

работать чаще, чем это требуется. Поэтому необходимо ввести параметр уровня занятости бригад  $Z$ , который изменяется в интервале от 0 до 1.

Если система работает без очередей, то выполняется равенство:

$$N_c^s = N_r^s, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^q P_{\Delta si} V \theta_i = \sum_{l=1}^K m_l Y Z \Delta t_s. \quad (7)$$

Выражение (7) позволяет определить количество мобильных рабочих бригад и пунктов по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники в зависимости от оценки вероятности поступления запроса  $P_{\Delta si}$ , а также полного количества техники  $V$ .

$$\sum_{l=1}^K m_l = \frac{V}{YZ} \sum_{i=1}^q \frac{P_{\Delta si}}{\Delta t_s} \theta_i \quad (8)$$

Выражением (8) оценивается количество мобильных рабочих бригад и пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники для каждого расчетного периода  $s$ . Соответственно при максимальном значении показателя занятости ( $Z = 1$ ) мы получим количество ПРО, при котором система сервиса работает без очередей.

При уменьшении количества пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники появятся интервалы времени, в которые будут накапливаться входящие запросы. Но при продолжении работы системы ПРО в состоянии максимальной занятости полное количество работ за весь рассматриваемый период будет равно входящему потоку запросов на РОВ (рисунок 3). Такая ситуация описывается следующими выражениями:

$$N_r^s \neq N_c^s, \quad (9)$$

где  $s$  изменяется в интервале от 1 до  $T$ .

$$\sum_{s=1}^T N_r^s = \sum_{s=1}^T N_c^s \quad (10)$$

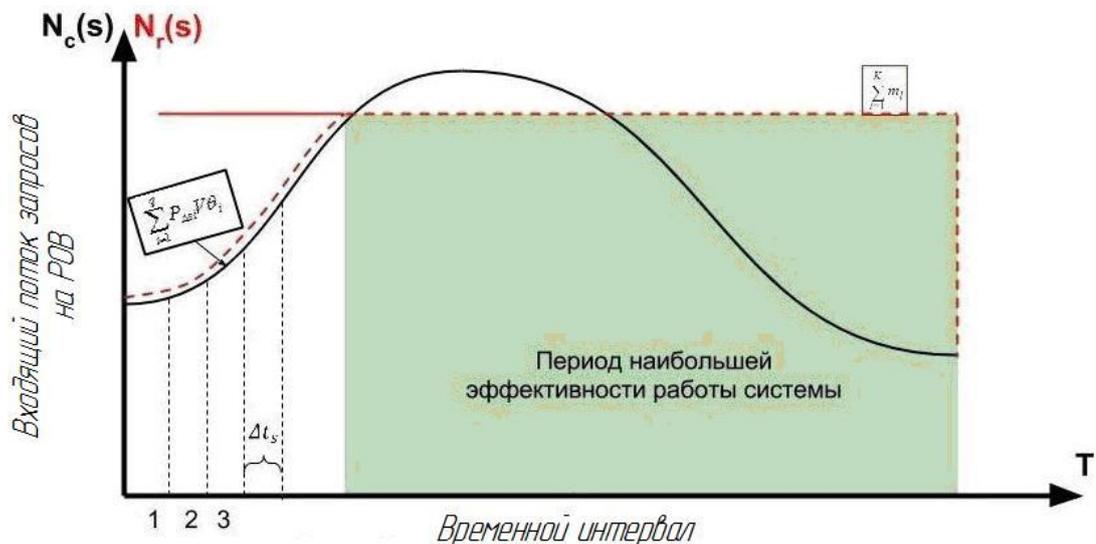


Рисунок 3 – Модель системы технического сервиса с очередью

Если время ожидания выполнения запроса в очереди имеет фиксированную величину (например,  $\tau = 1$  сутки), то функциональность системы технического сервиса характеризуется следующим графиком (рисунок 4).

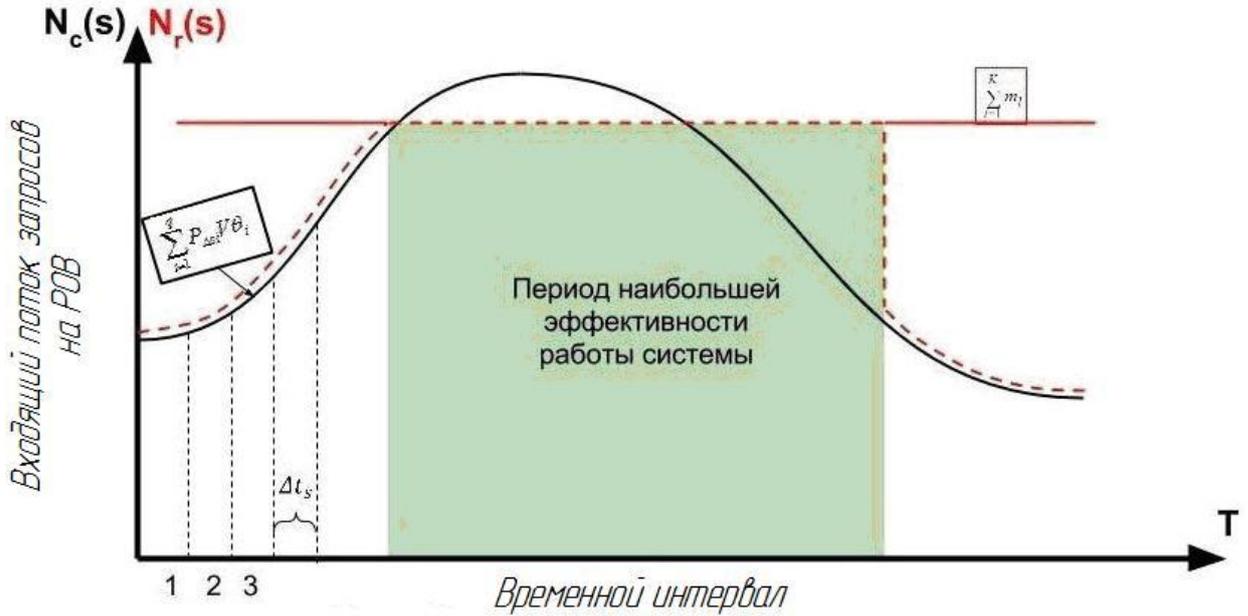


Рисунок 4 – Модель системы технического сервиса с очередью и фиксированным временем ожидания  $\tau$

Исходя из анализа моделей систем технического сервиса, определяем входящие в выражение (10) неизвестные:

$$\sum_{s=1}^T N_r^s = \sum_{s=1}^T Y \Delta t_s Z \left( \sum_{l=1}^K m_l \right), \quad (11)$$

$$\sum_{s=1}^T N_c^s = \sum_{s=1}^T V \left( \sum_{i=1}^q P_{\Delta s_i} \theta_i \right). \quad (12)$$

Приравняв выражения (11) и (12), получим 1-е условие оптимизации количества пунктов по ремонту и обслуживанию техники:

$$\sum_{s=1}^T \left( \left( \sum_{i=1}^q P_{\Delta s_i} \theta_i \right) - Y \Delta t_s Z \frac{\left( \sum_{l=1}^K m_l \right)}{V} \right) = 0. \quad (13)$$

Оптимальное соотношение количества ПРО к полному количеству сельскохозяйственной техники определяется путем изменения величины  $\frac{\left( \sum_{l=1}^K m_l \right)}{V}$  до достижения максимального значения  $Z$  при соблюдении условия (13).

На практике номенклатура возможных ремонтно-обслуживающих воздействий сельскохозяйственной техники характеризуется большим

разбросом трудоемкостей работ по их выполнению. Для упрощения расчетов определим среднюю трудоемкость  $\theta$ , чтобы вместо несколько типов РОВ рассматривать один тип с соответствующей ему трудоемкостью.

Суммарная трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий за рассматриваемый интервал времени определим по формуле:

$$\theta_{cs} = \sum_{s=1}^T \sum_{i=1}^q \theta_i . \quad (14)$$

$$\theta = \frac{\theta_{cs}}{n_{cs}} \quad (15)$$

где  $n_{cs}$  – количество запросов на РОВ, поступивших за интервал времени  $s$ .

Преобразовав выражение (13), получим 2-е условие оптимизации, описывающее оптимальное количество ПРО исходя из средней трудоемкости ремонтно-обслуживающих воздействий  $\theta$ :

$$\sum_{s=1}^T \left( P_{\Delta s} \theta - Y \Delta t_s Z \frac{\left( \sum_{l=1}^K m_l \right)}{V} \right) = 0 . \quad (16)$$

Фактическое количество запросов на ремонтно-обслуживающее воздействие за расчетный интервал времени:

$$\omega_c^s = V P_{\Delta s} , \quad (17)$$

где  $\omega_c^s$  – это интенсивность входящего потока запросов на РОВ.

Для нахождения величины  $\omega_c^s$  увеличим массив исходных данных с помощью интерполяции первоначального входящего потока запросов на РОВ по времени.

Преобразуем выражение (16), умножив обе части на  $V$ :

$$\sum_{s=1}^T \left( \omega_c^s \theta - Y \Delta t_s Z \sum_{l=1}^K m_l \right) = 0 . \quad (18)$$

Выражение (18) является итоговым условием оптимизации, по которому определим необходимое количество пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники с учетом интенсивности входящего потока запросов, трудоемкости их выполнения, уровня занятости мобильных рабочих бригад за рассматриваемый период времени (часы, сутки, год).

Для поддержания работоспособности сельскохозяйственной техники во время ее эксплуатации особое значение имеет обеспеченность сервисных предприятий необходимыми запасными деталями, узлами и агрегатами.

Наиболее сложными и важными операциями при расчете их количества является определение потока запросов на РОВ  $\omega_c$  и учет использования сборочных единиц и деталей со списанной техники (перекомплектация).

Показатель  $\omega_{ci}$  – это количество запросов на запасную часть  $i$ -го наименования в единицу времени (часы, сутки, год) при расчете соответствующего комплекта запасных агрегатов:

$$\omega_{ci} = \sum_{s=1}^T \omega P_{\Delta si} . \quad (19)$$

Полное количество входящих запросов на ремонтно-обслуживающее воздействие за рассматриваемый период по всем видам техники и типам работ определим по следующей формуле:

$$\omega_c = \sum_{s=1}^T \sum_{i=1}^q \omega P_{\Delta si} . \quad (20)$$

Сделаем предположение о том, что соотношение вероятностей для разных типов работ не меняется в зависимости от номера расчетного интервала, т. е. это соотношение не меняется на протяжении всего рассматриваемого периода времени. Но абсолютное значение вероятности поступления запроса каждого типа изменяется в зависимости от времени. Соответственно, получим следующую зависимость вероятности поступления запроса  $i$ -го типа от времени:

$$P_{\Delta si} = P_{\Delta i} f(s) , \quad (21)$$

где  $f(s)$  – функция сезонности, одинаковая для каждого  $i$ -го запроса.

Тогда

$$P_{\Delta s} = \sum_{i=1}^q P_{\Delta si} = f(s) \sum_{i=1}^q P_{\Delta i} . \quad (22)$$

Вводим процентное распределение запросов  $i$ -го типа  $\alpha$  как отношение вероятности поступления  $i$ -го запроса к сумме вероятностей всего входящего потока запросов на РОВ в рассматриваемом периоде:

$$\alpha_i = \frac{P_{\Delta si}}{\sum_{i=1}^q P_{\Delta si}} = \frac{f(s)P_{\Delta i}}{f(s)\sum_{i=1}^q P_{\Delta i}} = \frac{P_{\Delta i}}{\sum_{i=1}^q P_{\Delta i}} . \quad (23)$$

Тогда

$$P_{\Delta si} = \alpha_i \sum_{i=1}^q P_{\Delta si} = \alpha_i P_{\Delta s} . \quad (24)$$

Используя выражения (19), (20) и (24), рассчитываем необходимый комплект запасных агрегатов:

$$\omega_{ci} = \sum_{s=1}^T \omega P_{\Delta si} = \sum_{s=1}^T \alpha_i \omega P_{\Delta s} = \alpha_i \sum_{s=1}^T \omega P_{\Delta s} = \alpha_i \sum_{s=1}^T \omega_c . \quad (25)$$

Путем математических преобразований получим, что комплект запасных деталей, узлов и агрегатов определяется как произведение процентного распределения  $i$ -го запроса и интенсивности входящего потока запросов на РОВ:

$$\omega_{ci} = \alpha_i \sum_{s=1}^T \omega_c . \quad (26)$$

ПРО создаются для улучшения связей сервисных предприятий с хозяйствами, эксплуатирующими машины, и позволяют значительно уменьшить транспортные расходы на перевозку запасных агрегатов.

Затраты на создание сети ПРО включают в себя:

$$C_c = C_{\text{ПРО}} + C_{\text{тр}} , \quad (27)$$

где  $C_{\text{ПРО}}$  – затраты на содержание ПРО, руб.;  $C_{\text{тр}}$  – транспортные расходы, руб.

В свою очередь затраты на содержание ПРО составят:

$$C_{\text{ПРО}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{ком}} + C_{\text{зд}} + C_{\text{об}} , \quad (28)$$

где  $C_{\text{зп}}$  – заработная плата работников ПРО, руб.;  $C_{\text{ком}}$  – стоимость коммунальных услуг, руб.;  $C_{\text{зд}}$  – амортизация, текущий и капитальный ремонт зданий, руб.;  $C_{\text{об}}$  – амортизация, текущий и капитальный ремонт оборудования, руб.

Суммарные затраты на содержание сети пунктов по ремонту и обслуживанию зависят от их количества.

Как показывает практика, транспортные расходы составляют значительную долю в структуре себестоимости деятельности сервисной службы в условиях региона с большой удаленностью потребителей.

Их определим по формуле:

$$C_{\text{тр}} = C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{тр.н}} + C_{\text{тс}} + C_{\text{стр}} , \quad (29)$$

где  $C_{\text{ГСМ}}$  – затраты на горюче-смазочные материалы, руб.;  $C_{\text{тр.н}}$  – транспортный налог, руб.;  $C_{\text{тс}}$  – затраты на содержание транспортных средств, руб.;  $C_{\text{стр}}$  – затраты на страхование транспортных средств, руб.

Затраты на содержание транспортных средств ( $C_{\text{тс}}$ ) складываются из затрат на амортизацию, текущий ремонт (техническое обслуживание) и капитальный ремонт.

$$C_{\text{тс}} = C_a + C_{\text{тек}} + C_{\text{кап}} , \quad (30)$$

где  $C_a$  – затраты на амортизацию, руб.;  $C_{\text{тек}}$  – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание транспортных средств, руб.;  $C_{\text{кап}}$  – затраты на капитальный ремонт транспортных средств, руб.

Предложенная модель оптимизации системы технического сервиса определяет оптимальное количество пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники, необходимое для выполнения всего объема работ в регионе.

В третьем разделе «Методика исследования необходимого количества пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники» изложены методики определения годовой нагрузки на сервисные службы дилерских предприятий, распределения работ по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники, определения оптимального географического расположения сети пунктов по ремонту и обслуживанию.

В соответствии с поставленной целью и сформулированными задачами исследования разработана программа, включающая этапы теоретических, экспериментальных исследований и практических рекомендаций (рисунок 5).

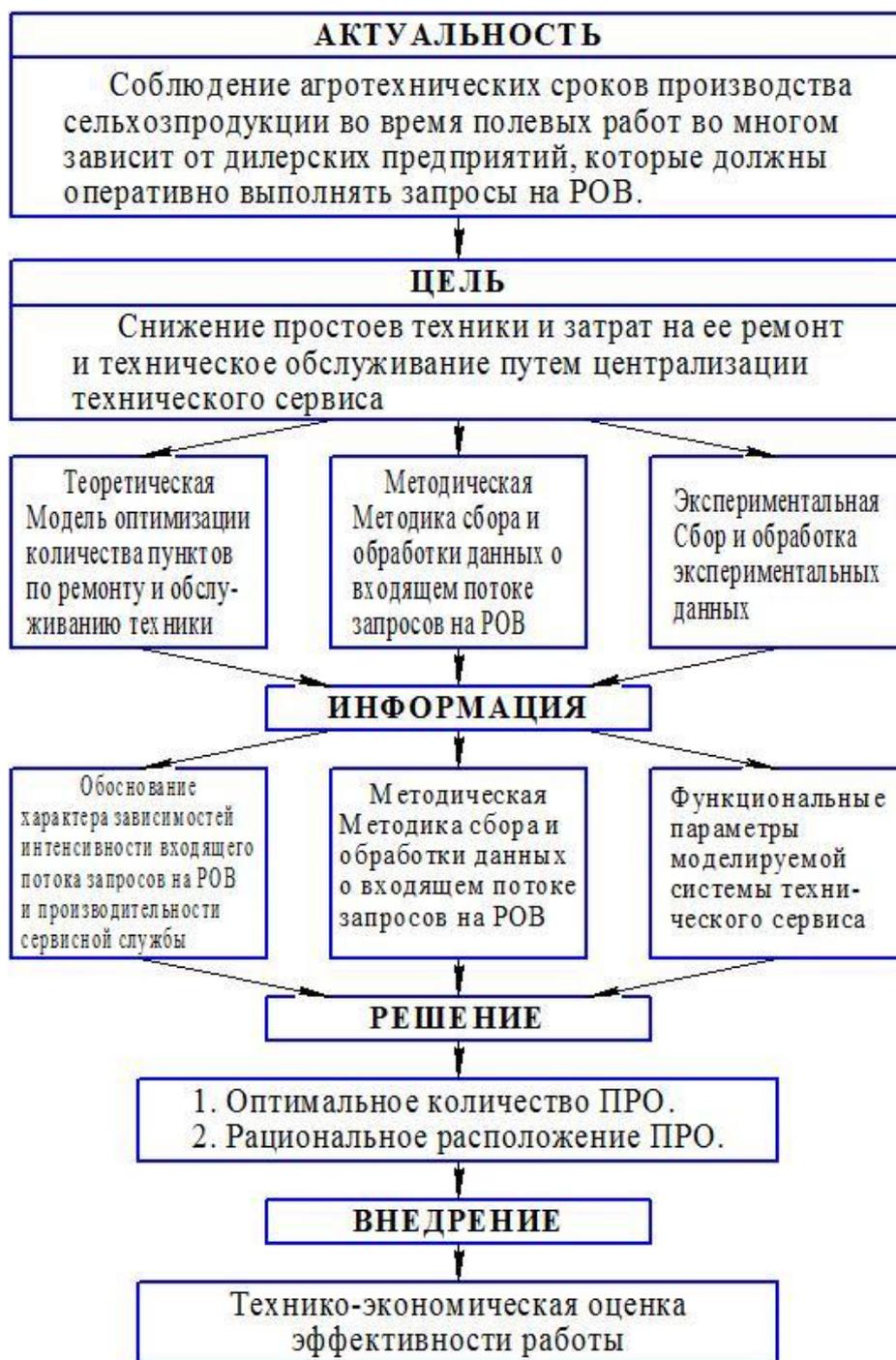


Рисунок 5 – Схема программы работы

Информация, полученная при изучении журналов работ сервисной службы, обработана с помощью программных продуктов Microsoft Office. На основании данных о проведенных сервисными службами ОАО «Саратовагропромкомплект», ЗАО «Агросоюз-Маркет» и ООО «Мировая Техника» работ за период с 2010 по 2014 г. разработана методика планирования годовой нагрузки на сервисные службы дилерских предприятий.

Транспортная логистика включает в себя условие, что все транспортные средства сервисной службы имеют схожие технические характеристики. В качестве условного сервисного автомобиля принят ГАЗ-2705-24.

Выбор места для расположения пунктов по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники осуществляется с учетом близости основных транспортных магистралей региона и расстояния до обслуживаемых сельскохозяйственных предприятий, что способствует уменьшению транспортных расходов дилерских предприятий и времени ожидания необходимых комплектующих.

**В четвертом разделе «Результаты исследования пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники»** представлены расчеты по определению оптимального количества пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники и их географического расположения на территории Саратовской области.

В ходе экспериментальных исследований были проанализированы работы по ремонту и техническому обслуживанию тракторов марок МТЗ и Кировец, комбайнов марок ACROS и VECTOR производства компании РОСТСЕЛЬМАШ, которые наиболее широко распространены в нашем регионе.

При вычислении среднегодового объема работ дилерской сервисной службы в целом по области и в каждом конкретном районе данные журнала работ за период с 2010 по 2014 г. распределены по районам, из которых поступил запрос на РОВ. Данное распределение характеризует удельный вес каждого района в общем потоке запросов и их приоритетность при организации пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники.

Оптимальное количество пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники определено по данным распределения входящего потока запросов на РОВ в рассматриваемом интервале времени (в нашем случае год) по месяцам и интерполяции его по дням для увеличения массива исходных данных и вычисления интенсивности централизованного входящего потока запросов на РОВ.

Путем решения системы линейных уравнений по 3 месяцам, где аргументами являются дни в рассматриваемом периоде, а итогом – количество запросов за соответствующий месяц, находим коэффициенты, необходимые для определения изменения входящего потока запросов на РОВ в течение месяца и их трудоемкости (таблица 1).

Таблица 1 – Интерполяция входящего потока запросов на РОВ

Дни года	Входящий поток запросов в месяц	Интенсивность запросов в день	Трудоемкость в день, чел-ч.	Рабочее время 1 ПРО, ч	Рабочее время 2 ПРО, ч	Рабочее время 3 ПРО, ч	Рабочее время 4 ПРО, ч	Очередь при 1 ПРО, ч	Очередь при 2 ПРО, ч	Очередь при 3 ПРО, ч
195	139	4	23	8	16	24	32	848	116	
196	140	5	24	8	16	24	32	864	123	
197	141	5	24	8	16	24	32	880	131	
198	142	5	24	8	16	24	32	896	139	
199	143	5	24	8	16	24	32	913	147	1
200	144	5	24	8	16	24	32	930	156	2
201	145	5	24	8	16	24	32	947	164	3
202	145	5	24	8	16	24	32	964	172	4
203	146	5	25	8	16	24	32	981	181	5
204	146	5	25	8	16	24	32	998	190	6
205	147	5	25	8	16	24	32	1015	198	7
206	147	5	25	8	16	24	32	1032	207	8
207	147	5	25	8	16	24	32	1049	216	9
208	147	5	25	8	16	24	32	1066	225	10
209	147	5	25	8	16	24	32	1083	233	11
210	147	5	25	8	16	24	32	1100	242	12
211	146	5	25	8	16	24	32	1117	251	13
212	146	5	25	8	16	24	32	1134	259	14
213	143	5	24	8	16	24	32	1151	267	15
214	140	5	24	8	16	24	32	1167	275	15
215	137	4	23	8	16	24	32	1183	282	15
216	134	4	23	8	16	24	32	1198	289	14
217	132	4	22	8	16	24	32	1213	295	13
218	129	4	22	8	16	24	32	1227	301	11
219	126	4	21	8	16	24	32	1241	306	9
220	124	4	21	8	16	24	32	1254	311	6
221	121	4	20	8	16	24	32	1267	315	3
222	119	4	20	8	16	24	32	1280	319	
223	117	4	20	8	16	24	32	1292	323	
224	114	4	19	8	16	24	32	1304	326	
225	112	4	19	8	16	24	32	1315	329	

В таблице 1 представлена часть рассматриваемого интервала времени, в которой одновременно наблюдается очередь в системе из 1, 2 и 3 пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники. Трудоемкость работ в день рассчитана исходя из интенсивности входящего потока запросов на РОВ и средней трудоемкости  $\theta = 5,22$  чел-ч. По данным таблицы построен график для наглядного сравнения моделируемых систем.

Горизонтальными линиями на график нанесены продолжительность рабочих смен мобильных рабочих бригад, когда выполняются запросы на ремонтно-обслуживающие воздействия (рисунок 6).

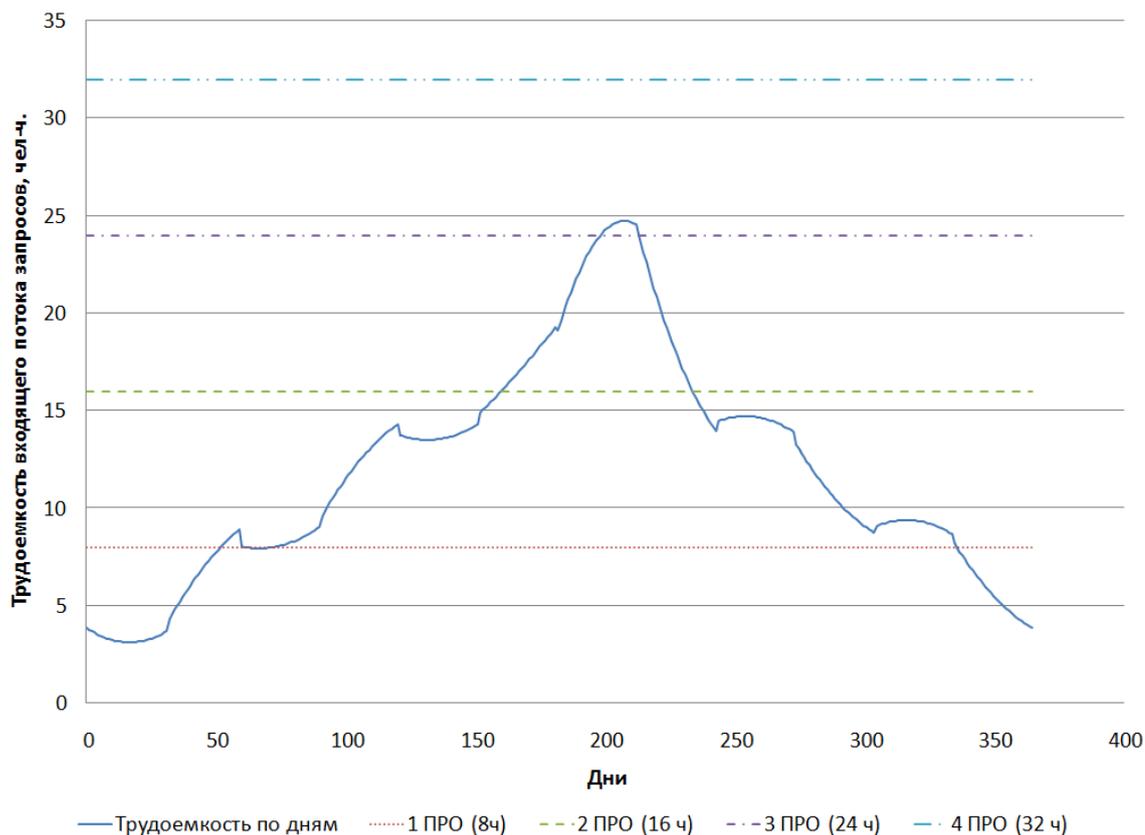


Рисунок 6 – График изменения интенсивности входящего потока запросов

Как видно из рисунка 6, более подробно следует рассмотреть организацию 2 и 3 пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники (рисунки 7 и 8).

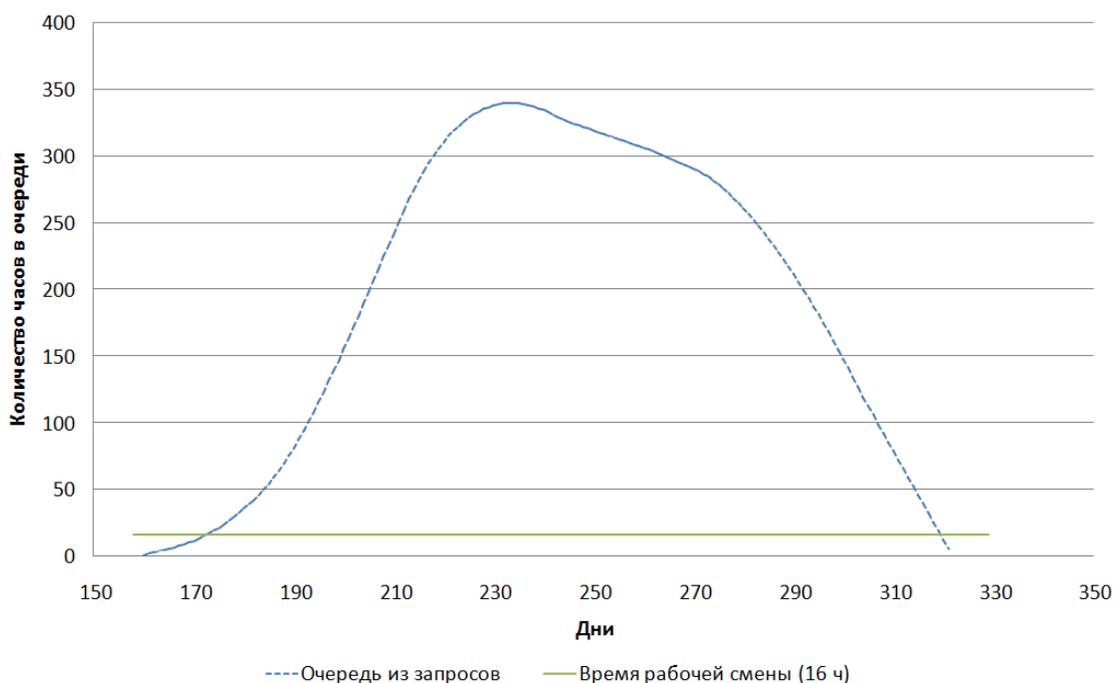


Рисунок 7 – Очередь при 2 ПРО

На рисунке 7 видно, что все запросы на обслуживание в итоге будут выполнены, но время ожидания их выполнения не удовлетворяют заявленным условиям. Из-за этого будут нарушены сроки полевых и уборочных работ, что нанесет вред всему агропромышленному производству.



Рисунок 8 – Очередь при 3 ПРО

При 3 ПРО (рисунок 8) очередь не превышает дневной производительности 3 пунктов, что говорит о выполнении всего входящего потока запросов на РОВ в течение суток. Данная система технического сервиса соответствует заявленным условиям и обеспечит соблюдение сроков агропромышленного производства.

Проводим сравнительный анализ суммарных затрат, связанных с выполнением запросов на РОВ в очереди, и объема капиталовложений в различное количество ПРО. Потери сельскохозяйственных предприятий по причине простоя техники рассчитываем по стоимости 1 н/ч сервисных работ, которая равна 1200 руб., затраты на содержание 1 ПРО ~ 2,1 млн. руб. (рисунок 9).

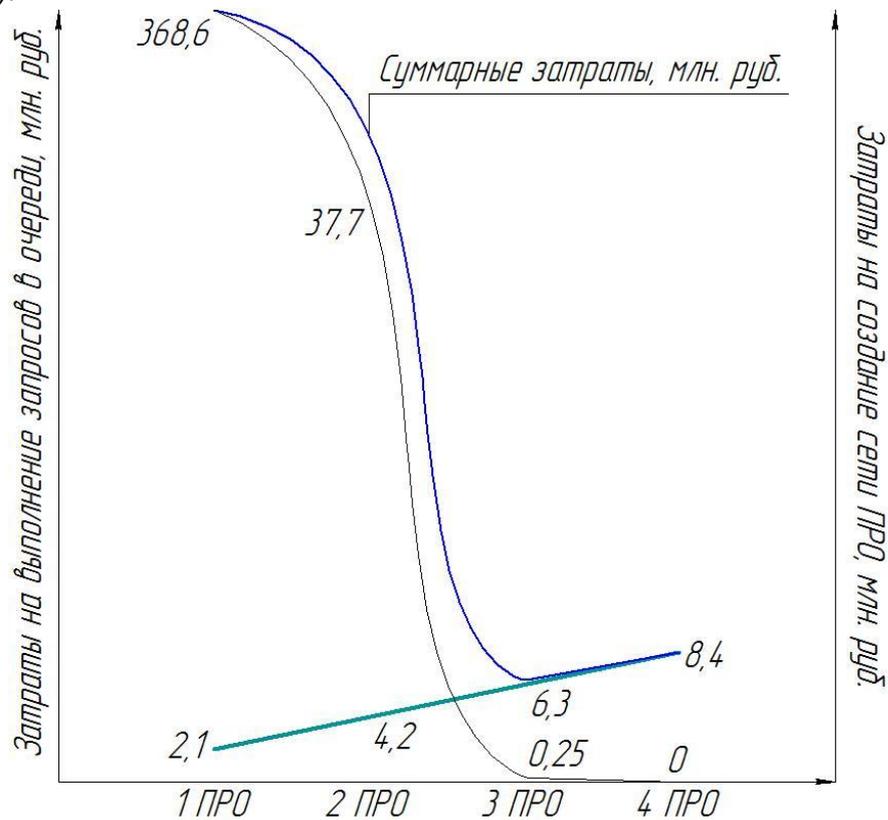


Рисунок 9 – Сравнительный анализ затрат

По графику 9 делаем вывод, что 3 ПРО также являются наиболее оптимальным вариантом для централизации технического сервиса.

Для формирования необходимого комплекта запасных деталей, узлов и агрегатов на складах пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники определим количество запросов на запасную часть  $i$ -го наименования в единицу времени (часы, сутки, год) и интенсивность входящего потока запросов на обслуживание.

Таблица 2 – Среднегодовой расход агрегатов тракторов и комбайнов

Неисправность	Техника	
	Тракторы	Комбайны
Датчики	27 (8%)	14 (7%)
Двигатель	58 (17%)	18 (9%)
Гидравлическая система	57 (17%)	17 (8%)
Кондиционер	24 (7%)	19 (9%)
КПП	35 (10%)	-
Молотильно-сепарирующий механизм	-	73 (35%)
Система охлаждения	23 (7%)	-
Топливная система	12 (4%)	-
Ходовая часть	41 (12%)	-
Электрооборудование	10 (3%)	-
Прочие	50 (15%)	68 (32%)
ИТОГО	337	211

Таблица 2 показывает общую потребность в запасных агрегатах тракторов и комбайнов. При необходимости ее можно распределить по месяцам с помощью функции сезонности, которая свойственна системе технического сервиса.

Среднегодовой объем работ по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники сервисной службы регионального дилера, распределенный по районам, представлен на рисунке 10.

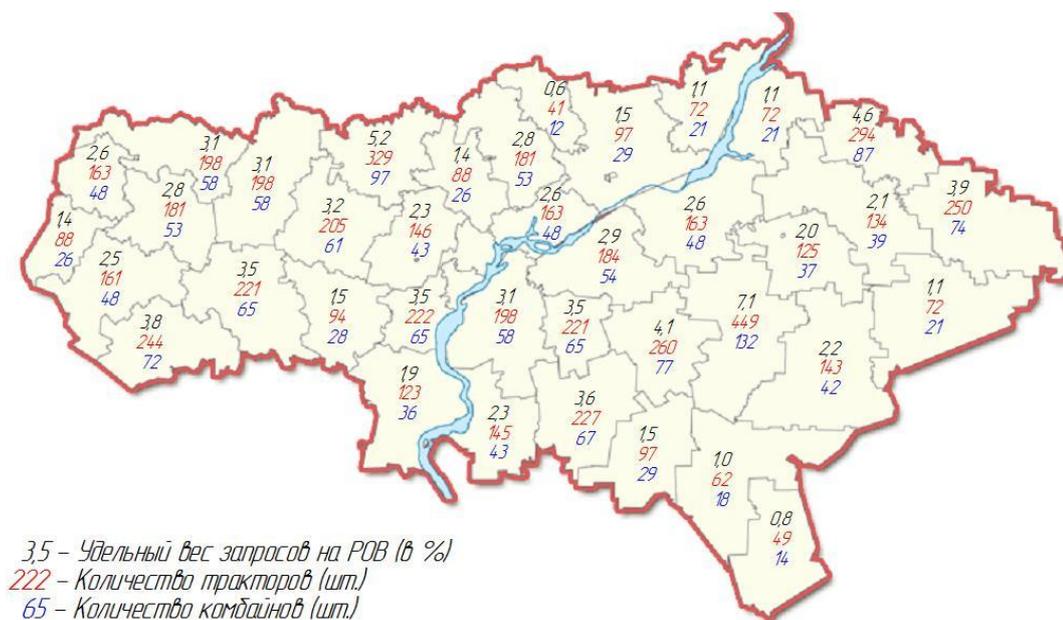


Рисунок 10 – Распределение среднегодового объема работ сервисной службы по районам Саратовской области

Расположение пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники по территории Саратовской области – одно из направлений по оптимизации оказания сервисных услуг региональным дилером. Выбор места для создания пунктов по ремонту и обслуживанию техники производим в соответствии с принципами размещения производственных зданий и сооружений и транспортной логистики.

Для повышения эффективности проведения работ по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники предложено следующее расположение ПРО (рисунок 11).

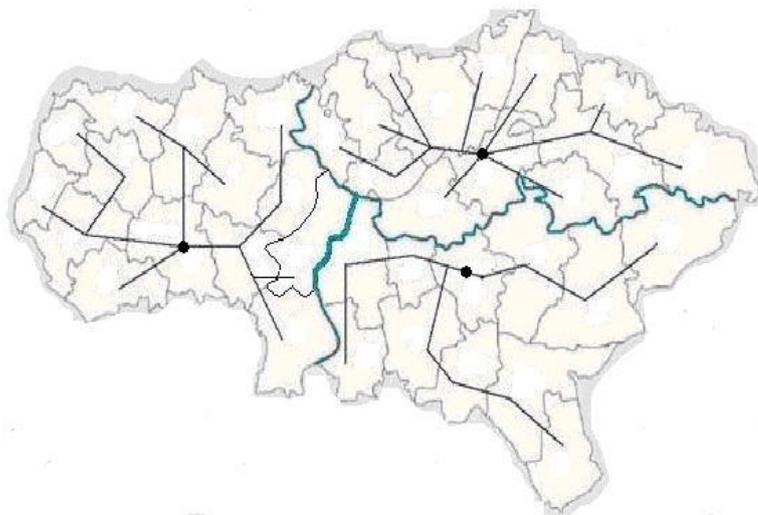


Рисунок 11 – Распределение пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники

Саратовская область разделена на правобережную и левобережную зоны. Для обслуживания правобережной зоны с учетом ее меньшей протяженности с севера на юг и более компактного расположения районов достаточно одного пункта по ремонту и обслуживанию. Организация ПРО в западной части региона предложено в городе Калининск, который находится в центре данной сервисной зоны и является одним из лидеров по количеству запросов на РОВ.

Левобережная зона характеризуется большей удаленностью районов друг от друга. Для обслуживания сельскохозяйственной техники данной зоны предложено создание 2 пунктов по ремонту и обслуживанию. Выполнение работ по ремонту и техническому обслуживанию техники северных районов выполняет ПРО в городе Балаково. Выбор данного города позволит одинаково эффективно обслуживать районы как правобережной, так и левобережной зоны, а также оперативно выполнять работы в Перелюбском районе. Данный район является одним из самых удаленных районов Саратовской области и входит в 5 первых районов по количеству запросов в сервисную службу. 3 сервисная зона обслуживается пунктом по ремонту и обслуживанию в поселке городского типа Мокроус.

Предлагаемая система организации регионального технического сервиса позволит сократить количество сервисных зон и необходимых для их обслуживания экипажей без ущерба для выполнения всего годового объема

работ, а также снизить суммарную удаленность районов от сервисных предприятий на 33% (с 6246 до 4192 км).

**В пятом разделе «Экономическая эффективность сети пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники»** для оценки экономической эффективности работы пунктов была определена годовая экономия предлагаемой системы организации регионального технического сервиса в сравнении с применяемой.

Таблица 3 – Сравнительная эффективность систем технического сервиса

Показатель	Системы организации технического сервиса		Изменение
	применяемая	предлагаемая	
Транспортные расходы сервисных предприятий, руб./год	2400000	1700000	700000
Содержание транспортных средств, руб./год	1422916	1067187	355729
Зароботная плата бригады мастеров-наладчиков, руб./год	2304000	1728000	576000
Годовая экономия, руб.	-	-	1631729
Объем необходимых капиталовложений, руб.	-	6409803	-
Срок окупаемости, лет	-	3,93	-

Анализ технико-экономических показателей свидетельствует о высокой эффективности предлагаемой системы организации работ по ремонту и технического обслуживания сельскохозяйственной техники.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена важная задача для экономики отрасли – снижение простоев техники на 33% и затрат на ее ремонт и техническое обслуживание на 28% путем централизации технического сервиса и расчета оптимального количества пунктов по ремонту и обслуживанию (ПРО). Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили сформулировать основные выводы:

1. Централизация технического сервиса заключается в расчете оптимального количества ПРО, рассредоточенных по обслуживаемой территории. При централизованной системе все заявки выстраиваются в одну очередь. Распределения заявок осуществляется центром управления производством.

Затраты труда и время ожидания деталей, узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники значительно сокращаются по мере централизации сервисных служб дилерских предприятий.

2. По предложенной методике определена нагрузка на сервисные предприятия региона, среднегодовое количество выполняемых РОВ (836 ремонтно-обслуживающих воздействий) и интенсивность входящего потока запросов на РОВ.

3. Разработана модель оптимизации системы технического сервиса, позволяющая определить необходимое количество пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники и проанализировать функциональные параметры системы.

В результате моделирования определено минимально необходимое и оптимальное по критерию совокупных затрат количество пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники, которое составило 3 единицы.

Ремонтно-обслуживающие воздействия распределены по видам техники и типам работ. Определен среднегодовой расход одноименных агрегатов, позволяющий сформировать необходимую номенклатуру запасных частей и расходных материалов для проведения ТО.

4. В соответствии с критерием удаленности зоны обслуживания и равномерным распределением среднегодового объема работ сервисной службы определено рациональное распределение пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники, которое подразумевает организацию ПРО в городах Калининск, Балаково и Мокроус.

Усовершенствованная организация сети ПРО позволяет уменьшить количество сервисных зон и обслуживающих экипажей без ущерба для выполнения всего годового объема работ.

Годовая экономия от предлагаемой формы организации регионального сервисного обслуживания составила 1631729 руб. Срок окупаемости капитальных вложений – 3,93 года, что является приемлемой величиной для отечественного сельскохозяйственного производства.

### **Рекомендации производству**

1. Периодически анализировать интенсивность входящего потока запросов на РОВ и функциональные параметры системы организации технического сервиса.

2. Постоянно обновлять базу данных о проведенных работах по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники, что позволит в любое время получить информацию о наиболее уязвимых агрегатах или об изменении потребности в расходных материалах на складах ПРО.

3. Обеспечить наличие в пунктах по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники необходимого оборудования для проведения максимального объема работ.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

1. Разработать рекомендации по использованию агрегатного ремонта в полевых условиях.

2. Усовершенствовать классификацию работ по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники.

3. Провести исследование необходимого оборудования для пунктов по ремонту и обслуживанию сельскохозяйственной техники.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК*

1. **Есин, О.А.** Совершенствование технического сервиса в АПК Саратовской области / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев, Л. М. Игнатъев // Научное обозрение. – 2014. – № 8. – С. 61 – 65.
2. **Есин, О.А.** Анализ состояния сельскохозяйственной техники в Саратовской области / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Научное обозрение. – 2015. – № 2. – С. 32 – 34.
3. **Есин, О.А.** Модель оптимизации сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники (на примере ОАО «Саровагропромкомплект») / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев, Ю. Б. Емелин // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 5. – С. 45 – 48.
4. **Есин, О.А.** Оптимизация системы технического сервиса регионального дилера / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 6. – С. 51 – 53.

*В материалах конференций и семинаров:*

5. **Есин, О.А.** Современный технический сервис: принципы и задачи / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ. – Саратов. – 2012. – С. 18 – 20.
6. **Есин, О.А.** Перспективы развития технического сервиса в Саратовской области / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ. – Саратов. – 2013. – С. 329 – 331.
7. **Есин, О.А.** Повышение экономической эффективности деятельности предприятий технического сервиса / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Приоритетные направления модернизации аграрной экономики: тенденции, проблемы и перспективы: материалы науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ. – Саратов. – 2013. – С. 117 – 119.
8. **Есин, О.А.** Ресурсосберегающие технологии в современном российском АПК в сравнении с развитыми зарубежными странами / О. А. Есин, Л. А. Рокитянская, М. С. Завьялова // Молодежь и горизонты науки: материалы науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ. – Саратов. – 2013. – С. 6 – 9.
9. **Есин, О.А.** Повышение экономической эффективности организации ремонта техники / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Приоритетные направления модернизации аграрной экономики: тенденции, проблемы и перспективы: материалы науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов. – 2015. – С. 21 – 23.
10. **Есин, О.А.** Статистика отказов сельскохозяйственной техники в Саратовской области / О. А. Есин, М. Ш. Гутуев // Приоритетные направления модернизации аграрной экономики: тенденции, проблемы и перспективы: материалы науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов. – 2015. – С. 23 – 26.