

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Эксплуатация и ремонт машин»

Направление подготовки-36.04.03 Агроинженерия

Магистерская программа – Технический сервис в сельском хозяйстве

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**ТЕМА: ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТРАКТОРОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Магистрант \_\_\_\_\_ Мухамедзянов Р.И.

Научный руководитель,  
д.т.н профессор \_\_\_\_\_ Галиев И.Г.

Рецензент \_\_\_\_\_ Дмитриев А.В.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018 г.)

Зав. кафедрой, профессор \_\_\_\_\_ Адигамов Н.Р.

Казань – 2018г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
1.1 Роль технического обслуживания в эффективном использовании сельскохозяйственной техники.....	7
1.2 Анализ исследований по техническому обслуживанию тракторов .....	11
1.3 Использование технологических карт, оборудования и оснастки при техническом обслуживании тракторов.....	14
1.4 Обзор исследований по информационному обеспечению технической эксплуатации машин .....	18
2 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЕЕ РАЗРАБОТКЕ.....	25
2.1 Предварительное обоснование требований к информационному обеспечению технического обслуживания тракторов.....	25
2.2 Информационная модель системы технического обслуживания тракторов.....	32
2.3 Программно-алгоритмические и информационные средства прогнозирования остаточного ресурса.....	41
2.4 Общая схема функционирования системы информационного обеспечения технического обслуживания тракторов (СИОТОТ).....	46
3 МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СИОТОТ И ЕЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОВЕРКИ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	49
3.1 Общая программа экспериментальных исследований и краткая характеристика основных блоков СИОТОТ.....	49
3.2 Методика формирования основных блоков СИОТОТ.....	52
3.2.1 Методика формирования основных блоков в виде набора однотипных и единых составляющих.....	54

3.2.2 Представление информации блока «Операции технического обслуживания».....	57
3.3 Разработка программно- алгоритмических и информационных средств прогнозирования остаточного ресурса основных узлов и агрегатов тракторов.....	59
3.3.1 Разработка информационных средств прогнозирования.....	59
3.4 Оценка эффективности СИОТОТ .....	63
3.4.1Формирование блока «Операции технического обслуживания».....	63
3.4.2 Разработка блока «Прогнозирование остаточного ресурса»..	66
3.4.3 Оценка эффективности применения СИОТОТ .....	69
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	81
Приложение А.....	93

## **Введение**

Современное сельскохозяйственное производство характеризуется значительным снижением уровня оснащенности отрасли тракторами и другими средствами механизации.

Время простоев тракторов по техническим причинам составляет 25-30% от общего рабочего времени, в результате этого удлиняются сроки выполнения полевых работ, увеличиваются потери сельскохозяйственной продукции, снижаются показатели эффективности производства. Одним из путей сокращения таких простоев является поддержание имеющегося парка тракторов в работоспособном состоянии.

Работоспособность и техническое состояние тракторов во многом определяется качеством выполнения операций технического обслуживания. При их выполнении используются широкий круг достаточно сложных технических средств, многочисленные инструменты и разнообразные материалы, а сами операции характеризуются высокой сложностью и информационной насыщенностью. Все это требует от исполнителей большого объема знаний и оперирования динамично изменяющейся и объемной информацией.

Подходы для обеспечения качественного выполнения операций технического обслуживания тракторов уже были предложены. Однако из-за сложности и информационной насыщенности операций обслуживания необходимы дальнейшие исследования в решении данной: проблемы.

Существующая нормативно-техническая документация по обслуживанию тракторов была разработана без учета возможностей современных средств вычислительной техники и информационных технологий.

Объективно назрела потребность перейти от обмена «сырой» информацией к электронной индустрии знаний, как основе для дальнейшего развития.

Однако в сфере технического обслуживания тракторов использование информационных ресурсов до настоящего времени рассматривалось лишь фрагментарно и недостаточно полно. Поэтому данная работа, направленная на дальнейшее совершенствование приемов выполнения операций технического обслуживания тракторов на основе применением системы информационного обеспечения, является актуальной.

**Цель исследования** - повышение эффективности выполнения операций технического обслуживания тракторов на основе разработки комплекса средств информационного обеспечения.

**Объект исследования** - технологический процесс технического обслуживания тракторов с информационным обеспечением операций.

**Предмет исследования** - информационные и программно-алгоритмические средства, а также взаимосвязи между ними в технологическом процессе выполнения операций технического обслуживания тракторов эксплуатирующей организацией.

**Научная гипотеза** - повышение качественного уровня выполнения операций технического обслуживания тракторов можно обеспечить с использованием определенного комплекса информационных и программно-алгоритмических средств.

**Научную новизну представляют:**

- информационная модель системы технического обслуживания тракторов, отражающая выполнение операций их технического обслуживания в соответствии с нормативно-технической документацией;

- научно-методические положения по созданию системы информационного обеспечения технического обслуживания тракторов, включающие требования к ее построению, состав основных информационных и программно-алгоритмических компонентов, методы их формирования и взаимоувязки в системе;

- приемы информационного обеспечения выполнения технического обслуживания обслуживаемых тракторов, в котором осуществлена взаимоувязка операций технического обслуживания и технического диагностирования в единый технологический процесс, а также решение комплекса расчетных и учетных задач динамики их технического состояния.

**Практическая значимость.** Разработана система информационного обеспечения технического обслуживания тракторов (СИОТОТ), предназначенная для использования при организации и выполнении операций технического обслуживания, представленная в совокупности в виде единого технологического процесса совместно с техническим диагностированием. Комплекс информационных компонентов, а также программно-алгоритмические средства СИОТОТ позволяют добиться более качественного выполнения операций обслуживания тракторов, сокращают время нахождения необходимых данных и знаний, снижают трудоемкость и затраты на техническое обслуживание.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографического списка и приложений. Общий объем работы - 93 страницы машинописного текста, в том числе: 10 таблиц, 4 рисунков, 1 приложения, список литературы из 107 наименований.

## **1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **1.1 Роль технического обслуживания в эффективном использовании сельскохозяйственной техники**

Основная стратегическая задача отечественного сельскохозяйственного машиностроения (СХМ) в целом - обеспечить к 2020 - 2022 гг. потребности сельских товаропроизводителей в новой технике и создать современный производственный аппарат, доведя оснащение тяжелыми тракторами до 100 тысяч штук. Ежегодные поставки тяжелой техники должны составлять для тракторов класса 5...8 - 10 тыс. штук [49].

Однако объемы технического обновления сельского хозяйства, приведенные в таблице, не ориентированы на ускоренную модернизацию отрасли и способны лишь остановить многолетнее сокращение парка машин на селе [49]. Оснащенность страны сельскохозяйственной техникой в 2016 г. по сравнению с США значительно ниже и выглядит следующим образом (таблица 1.1).

Господдержка сельхозпроизводителей в России ниже: в 100 раз, чем в США; в 500 раз, чем в странах ЕЭС; в 900 раз, чем в Японии. Это - один из факторов того, что 85-90% тракторов и 70-75% зернокомбайнов эксплуатируются более 10 лет. Поэтому для того, чтобы обеспечить возможный уровень механизации на селе имеющимся парком техники, добиться приемлемого уровня эффективности сельскохозяйственного производства, необходимо, прежде всего, поддержание в работоспособном состоянии машинотракторного парка, в чем важную роль отводится более качественному техническому обслуживанию (ТО) тракторов.

Таблица 1.1 - Оснащенность сельскохозяйственной техникой в 2016 г.

Показатели	РФ	США
Площадь зерновых, млн. га	63	34
Парк тракторов, тыс. шт.	608	4900
Нагрузка на 1 трактор, га	207	47,0
Парк комбайнов, тыс. шт.	115,7	578,5
Нагрузка на 1 зерноуборочный комбайн, га	391	70

ТО - это совокупность обязательных операций по проверке, очистке, смазке, подтягиванию креплений, регулировке, восстановлению и замене деталей и узлов, имеющее целью предупредить преждевременные износы, появления неисправностей и поломок, обеспечить работоспособное состояние машин [3, 16, 17, 25]. Основой построения технического обслуживания в сельском хозяйстве является планово-предупредительная система, представляющая собою комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ в заданных условиях эксплуатации в соответствии с предусмотренной нормативной документацией. Обслуживание техники планируется, с учетом зональных особенностей, по количеству израсходованного топлива или по наработке (в моточасах или эталонных гектарах) [63, 64].

Составной частью ТО является техническое диагностирование (ТД). Оно обеспечивает достижение предусмотренного конструкцией ресурса, надежности, производительности и экономичности работы машины путем своевременного предупреждения, выявления и возможного устранения неисправностей ее механизмов, агрегатов, систем. Диагностики участвуют в восстановлении исправности и работоспособности машин по результатам диагностирования путем выполнения сложных регулировок, ответственных операций ТО [79]. Наличие в системе ТО элементов ТД позволяет предупредить возможные отказы, сократить количество неоправданных разборок, полнее использовать технический ресурс машин. К настоящему времени разработана достаточно полная система методов и технических

средств диагностирования. Внедрение ТД позволяет в 1,3-1,5 раза увеличить фактическую межремонтную наработку, уменьшить число отказов тракторов в 2-2,5 раза, уменьшить расход топлива на 5-8% [65].

ТО относится к числу самых трудоемких работ по поддержанию работоспособности машины, от качественного проведения которого зависит ее безотказность, долговечность и производительность. ТО № 1 (ТО-1) проводилось через 60 моточасов работы трактора, ТО № 2 (ТО-2) - 240 моточасов, ТО № 3 (ТО- 3) - через 960 моточасов. Чтобы обеспечить высокопроизводительную и высококачественную работу машинно-тракторного агрегата механизатор должен ежедневно затрачивать 1... 1,5 ч на техническое обслуживание и около 1 ч на регулировку и технологическую настройку самих сельскохозяйственных машин, т.е. всего 2...2,5 ч за смену. В целях увеличения чистого времени смены механизаторы нередко сокращают время, необходимое на подготовку машин, что в итоге снижает эффективность использования техники [65]. Время простоев по техническим причинам достигает 25-30% от общего рабочего времени, а техническая готовность тракторов снижается до 60-70%, удлиняются сроки полевых работ и соответственно увеличиваются потери сельскохозяйственной продукции [99], а затраты на обслуживание машин и изготовление запасных частей превышают расходы на изготовление самих машин в 5..10 раз.

Сельскохозяйственные и специализированные сервисные предприятия образуют в масштабе страны подсистему технического сервиса машин. Организуют дилерские пункты, которые обучают технический персонал, снабжают потребителей справочной технической литературой, поставляют диагностическое оборудование для выполнения обслуживающих работ. ТО дилерами (фирменное обслуживание) производится в гарантийный период при определенных условиях. После окончания гарантийного периода обслуживание техники производится самими сельхозпредприятиями или предприятиями технического сервиса [70].

Однако, организовать надлежащее фирменное техническое обслуживание, как предусматривалось развитием рыночной экономики в аграрном секторе, в полной мере не удалось.

За рубежом [7] также уделяется большое внимание вопросам организации обеспечения сельскохозяйственной техники запасными частями, техническому диагностированию (ТД), специализированному техническому обслуживанию (ТО), совершенствованию форм организации и средств технического обслуживания. Наличие специализированных диагностических станций во Франции, ФРГ, США и Канаде позволило снизить возврат машин на повторное обслуживания и ремонт на 90% и сократить время пребывания на ТО и ТД от 0,5 до 1,5 часа. Формы и методы ТО и ТД за рубежом различны. Например, в Польше используются, в основном, передвижные мастерские «Техническая помощь», в Болгарии изменена периодичность ТО, а в Венгрии ТО проводится один раз в неделю рабочими обслуживающего предприятия.

В США, Англии, Италии, ФРГ, Канаде организована разветвленная система обслуживания техники села [9]. Обслуживание осуществляется в течение всего срока службы машин. Вся полнота ответственности за поддержание машины в работоспособном состоянии лежит на заводе-изготовителе, (обеспечение запасными частями, обслуживание, диагностирование, проведение различных работ по заправке, креплению, смазке и т.д., применение стационарных и передвижных средств ТО, определение работ по обслуживанию и ремонту). Большое распространение за рубежом получили небольшие мастерские в местах стоянки или хранения техники. Их использование способствует сокращению простоев машин во время полевых работ.

Таким образом, правильная организация ежедневного, периодического, сезонного, обкаточного и других видов технического обслуживания является основой обеспечения высокой технической надежности машин [64, 78].

## **1.2 Анализ исследований по техническому обслуживанию тракторов**

Большой вклад в разработку системы технического обслуживания (ТО) внесли ученые ГОСНИТИ, ЦНИИОМТП, СибИМЭ, НАТИ, ИрГСХА, КГАУ, СПбГАУ. Они разработали вопросы технического обслуживания на основе диагностирования и периодического непрерывного контроля, а также систему средств технического обслуживания и диагностирования (ТОД) и ремонта [11, 23, 24, 25, 27, 28, 36, 43, 63]. При этом при разработке проектов пунктов ТО учитываются условия, необходимые для поддержания техники в работоспособном состоянии в период эксплуатации (ремонт, техническое обслуживание, диагностирование, хранение, заправка, материально-техническое обеспечение и др.). В свою очередь, продолжительность обслуживания зависит от технического состояния трактора и принятых форм и средств обслуживания. А техническое состояние в большинстве случаев определяется конструктивно-технологическими его показателями, природно-производственными условиями, объемом и видом работ при использовании трактора, соблюдением правил эксплуатации, квалификацией тракториста, приспособленностью к проведению ТО и т.п. [2, 63, 99, 101, 103, 105].

Весомый вклад в развитие науки по ремонту и техническому обслуживанию машин сельскохозяйственного назначения внесли Аллилуев В.А. [2, 3], Бараш А.С. [8], Веденяпин Г.В.[15, 16], Ленский А.В. [63, 64].

Веденяпин Г.В. разработал теоретические основы ТО с учетом зональных условий и особенностей обслуживания по потребности [15, 16].

Селиванов А.И. посвятил свои работы теоретическим основам закономерностей старения машин. Он рассмотрел влияние процесса старения машин на использование и обслуживание техники, обосновал периодичность и систему средств ТО с учетом номенклатуры и количества обслуживаемых машин. Им созданы основы теории износа деталей, узлов и агрегатов машин в процессе эксплуатации и разработаны научно-

обоснованные рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту техники в сельскохозяйственном производстве [88].

Аллилуевым В.А., Ананьиным А.Д., Михлиным В.М. разработана технология технического обслуживания тракторов и машин, в основу, которой, положено следующие пять принципов [3]:

- 1) ТО и ремонт машин проводят в том объеме, в котором это необходимо по их техническому состоянию в целях предупреждения неисправностей и отказов минимум до очередного ТО.
- 2) Разделение и специализация труда, что обеспечивает повышение производительности и качества работ по обслуживанию техники.
- 3) Определенная последовательность выполнения работ при ТО.
- 4) Механизация и автоматизация работ по обслуживанию на основе разделения и специализации труда.
- 5) Совершенствование управления процессом ТО.

Указанные принципы являются фундаментом ресурсосберегающей политики, основными рычагами технического прогресса в области ТО и ремонта машин.

При выполнении исследований, относящихся к технологии ТО тракторов, все большее внимание уделяется учету фактических условий их использования. Этими вопросами занимались: Криков А.М. [54], Кулиев М.К. [60], Лившиц В.М. [65], Пасечников Н.С. [76], Плаксин А.М. [77], Терских И.П. [97], Уткин А.П. [76], Филатов Л.С. [91]. В результате анализа использования тракторов А.П. Уткин пришел к выводу, что повышенная нагрузка на специализированную службу ТО в напряженные периоды сельскохозяйственных работ, большие расстояния до объектов обслуживания, зачастую труднопроходимые дороги в полевых условиях, специфические природно-климатические условия Сибири затрудняют выполнять предписанные правилами работы по техническому обслуживанию в срок, в полном объеме с надлежащим качеством,

Гараниным Г.В. и Сатаровым К.У. было предложено совмещение ТО-3 с сезонным обслуживанием [18].

Эксплуатация сельскохозяйственных машин зимой сложнее, чем летом. В этих условиях резко снижается производительность и тяговые свойства, ухудшается тепловой режим работы двигателя. Исследования обеспечения работоспособности топливоподающей системы дизельных тракторов в условиях отрицательных температур выполнил Сырбаков А.П. [96]. Научную новизну его работы представляют:

- математическая модель динамики состояния топлива в топливоподающей системе, с учетом воздействия внешних и внутренних факторов;
- способы обеспечения работоспособности системы питания путем дросселирования дизельного топлива или перепуском излишков топлива из линии низкого давления системы питания на выход из топливного бака;
- метод исследования температурных полей системы питания дизельного двигателя в период зимней эксплуатации с применением тепловизора.

Вследствие недостаточного конструкторско-технологического уровня и отклонений в технологии изготовления и ремонта деталей, сборки двигателей сельхозпредприятия получают двигатели, требующие дополнительных обкаточных, разборочно-сборочных, регулировочных, подгоночных и других работ.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований Храмцовым Н.В. были сформулированы научные положения о возможности управления надежностью автотракторных двигателей на стадиях жизненного цикла: производство-эксплуатация-ремонт. На основе многомерного факторного анализа статистической информации разработан алгоритм обоснования моделей управления технологическими процессами производства, эксплуатации и ремонта, направленных на оптимизацию надежности и повышение эффективности использования двигателей [94].

В организации технического обслуживания и ремонта машин определяют и реализуют основные направления научно-технического прогресса на длительную перспективу, а также оптимальную структуру ремонтно-обслуживающих работ, технически обоснованных нормативов, на основе которых создается ремонтная база, планируются трудовые и материальные ресурсы [29, 80].

### **1.3 Использование технологических карт, оборудования и оснастки при техническом обслуживании тракторов**

Вопросы влияния использованных средств при проведении технического обслуживания (ТО) на продолжительность проведения обслуживания исследовались учеными ГОСНИТИ [43], НАТИ [105], СиБИМЭ [98, 100], в том числе Костин М.С. [48], Левин И.Е. [61, 62], Радченко С.Я. [83] и др.

По способу внедрения диагностирования в систему ТО разделяются на два вида: совмещенный и специализированный. ТО по специализированной схеме проводится на различных постах или пунктах. При этом состав операций ТО определяется по результатам диагностирования. По совмещенной схеме операции технического обслуживания и диагностирования чередуются между собой и проводятся на одной производственной линии или на одном рабочем месте. Выбор той или иной схемы внедрения диагностирования в систему ТО зависит от формы организации ТО, материально-технической базы, наличия техники, квалификации и количества кадров, наличия средств и объем работ [10, 89, 91].

Большое количество и разнообразие механизмов тракторов привело к разработке множества различных средств технического обслуживания и диагностирования. В этом направлении исследования проводили Аллилуев В.А. [2], Левин И.Е. [61, 62], Семянникова Я.И. [90].

Аллилуевым В.А. [2] проведены исследования, позволяющие сделать выводы о том, что техническое диагностирование (ТД) тракторов и сложных

сельскохозяйственных машин должно осуществляться на индустриальной основе высокопроизводительными электронными автоматизированными установками, взаимоприспособленными с диагностируемыми объектами. На этой основе разработана серия диагностических приборов для диагностических комплексов ГОСНИТИ КИ-4270, КИ-1391Э, рекомендованные для хозяйств, а ДИПС (КИ-13940) - для ремонтных предприятий.

В своей работе Семянникова Я.И. [90] исследовала закономерности изменения продолжительности технического обслуживания и диагностирования при оперативном управлении, а также приемы использования средства технического обслуживания (ТО) и технического диагностирования (ТД) в зависимости от расстояния и скорости передвижения средств и тракторов для различных вариантов и схем обслуживания. Установлено, что наиболее экономичным является использование передвижных агрегатов технического обслуживания (АТО), укомплектованных комплектом диагностических средств (КДС). При этом продолжительность проведения обслуживания снижается до 50% по сравнению с раздельным и до 10% по сравнению с ТО без диагностирования.

Научная новизна работ Шадюля Р. [103] заключается в том, что на основе системного подхода были разработаны методологические принципы проектирования диагностической модели автотракторной техники, определены рабочие и сопутствующие процессы при эксплуатации машин, сформулированы методы, алгоритмы и процедура диагностирования двигателей и тормозных систем автотракторной техники.

Общей характерной особенностью развития и построения технологии технического обслуживания (ТО) тракторов было определенное число ступеней периодических обслуживаний. Периодичность выполнения операций ТО и число ступеней изменялись по мере повышения безотказности тракторов [95]. Что касается технологии сезонных ТО, то она не является основой технологии обслуживания машин и в своем развитии не

претерпела существенных изменений. Содержание работ по ТО при подготовке тракторов к осенне-зимнему периоду были рекомендованы Филатовым Л.С.

Особенности формирования и совершенствования технологии ТО нашли свое отражение в научно-исследовательских работах Бойко Ю.Ф. [13], Левина И.Е. [62], Ленского А.Б. [63, 64], Опенышева М.Е. [73], Ополоника М.Е. [75], Плаксина А.М. [77], Ульмана И.Е. [102].

Организованный технологический процесс позволяет значительно сократить простоя тракторов во время ТО, повышает ответственность персонала за качество выполняемых работ, а также позволяет внедрить прогрессивную форму труда, как бригадный подряд. Технология состоит из: основных технических данных трактора; общих указаний по организации работ; указаний правил безопасности; основных данных по регулировкам трактора; правил ТО, содержащих комплект технологических карт на все операции ТО; нормативов трудоемкости и продолжительности по видам обслуживания; график последовательности выполнения операций; перечня оборудования для обслуживания трактора и т.д. [11, 21, 24, 26, 27, 28, 43, 45].

В технологических картах для проведения ТО № 1, 2, 3 и сезонных технических обслуживаний указано содержание работ с перечислением необходимого оборудования, инструмента и материалов, даны технические условия и указания по выполнению работ, указана средняя затрата времени на выполнение каждой операции и суммарная на проведение технического обслуживания узла и агрегата. Время на проведения обслуживания дано из расчета выполнения работ одним рабочим бригады обслуживания [74].

Для упрощения технологической информации и обеспечения рабочего места мастера-наладчика наглядной и удобной справочно-технологической документацией рекомендуется разработка с использованием символов, разработанных в ГОСНИТИ [64], (рисунок 1.1).

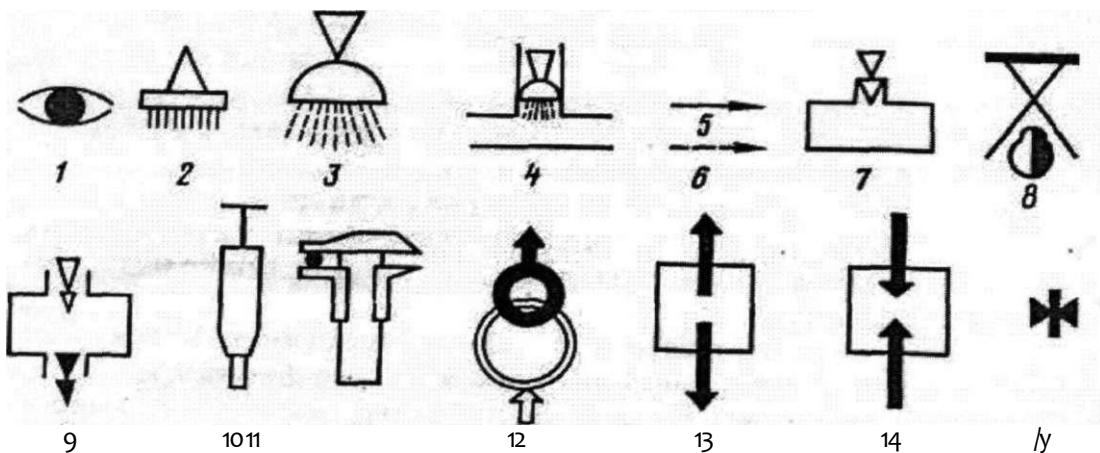


Рисунок 1.1 — Условные символы основных операций технического обслуживания тракторов: 1 - осмотрите; 2 - очистите; 3 - вымойте; 4 - промойте; 5 - работы, выполняемые мастером-наладчиком; 6 - работы, выполняемые трактористом-механиком; 7 - проверьте уровень топлива, масла, электролита, охлаждающей жидкости, при необходимости дозаправьте; 8 - спустите отстой (конденсат); 9 - замените масло, охлаждающую жидкость; 10 - смажьте; 11 - проверьте и при необходимости отрегулируйте; 12 - замените составную часть; 13 - снимите составную часть; 14 - установите составную часть; 15 - проверьте и при необходимости подтяните крепление.

При организации ТО на станциях технического обслуживания (СТОТ) и на пунктах технического обслуживания (ПТО) технологический график выполняют в виде плаката, а при обслуживании в полевых условиях с помощью агрегата технического обслуживания (АТО) - комплекта буклетов [64].

В развитии этой же тенденции специалистами ГОСНИТИ в свое время была разработана линейка-справочник модели ОРГ-13934, а также линейка комбайнера, включающие в себя определенные компоненты информации по обслуживанию техники.

В настоящее время организационная форма и технологии технического обслуживания машин несовершенны, они отстают от темпов качественного и количественного роста энерговооруженности хозяйств. Имеющиеся инструкции по организации и технологии обслуживания машин в сельскохозяйственных предприятиях мало чем отличаются от инструкций 10-15-летней давности.

Более того, применительно к предприятиям Сибири многие положения инструкций по техническому обслуживанию малоэффективны, а некоторые и вовсе не пригодны в силу определенной специфики зоны в сравнении с другими [63]. Наблюдения показывают, что техническое обслуживание машин в большинстве случаев выполняется с нарушением установленной периодичности, а количество регламентных операций выполняются лишь на 30...40%. При этом наработка на отказ снижается вдвое [105].

#### **1.4. Обзор исследований по информационному обеспечению технической эксплуатации машин**

Одним из путей эффективной организации системы технической эксплуатации машин является своевременное и качественное обеспечение органов управления и широкого круга специалистов информацией о научно-технических достижениях и передовом производственном опыте, включая вопросы технической эксплуатации техники АПК. В условиях ограниченного обеспечения сельского хозяйства основными видами ресурсов роль информации в виде знаний и разнообразных данных возросла весьма значительно [78, 98].

Информационное обеспечение ведущих специалистов инженерно-технической сферы АПК может быть наиболее эффективно реализовано с использованием компьютерной техники и современных информационных технологий. В настоящее время возникла задача создания специализированной справочно-советующей информационной системы в виде локального информационного фонда, обращаясь к которой, любой специалист инженерно-технической сферы, в том числе и хозяйства, смог бы оперативно получить полную и достоверную информацию по преобладающему кругу интересующих его вопросов, необходимых ему для решения крупных и проблемных задач.

Информационный фонд такой системы формируется на лазерном диске. По мере пополнения и корректировки содержания информационного

фонда потребитель может получать новые его редакции, что весьма важно, так как это позволит обеспечить постоянное обновление информации с учетом последних достижений науки и техники.

При выполнении основных функций технической эксплуатации машин в инженерно-технической системе АПК применимы методы работы с информацией, основанные на интеграции различных видов информационных технологий, включая проблемно-ориентированные экспертные системы (ЭС), банки данных (БД), виртуальные измерительные средства, сетевые технологии и др. Так, в ЭС [98] систематизируются имеющиеся знания и данные по техническому обслуживанию техники. Их аккумулируют в программном комплексе, затем используют для консультации, выдачи экспертных рекомендаций, а также представляют пользователю в удобном виде большой объем разнообразной информации с различной глубиной детализации в зависимости от уровня подготовленности специалиста. Это создает предпосылки к принятию обоснованных и осознанных решений в кратчайшее время, исключив поиск и анализ литературы, а также консультации со специалистами.

В основу создания информационных систем технического обслуживания должен быть подход, особенностями которого являются интеграция научно-технической, производственно-коммерческой, оперативной информации, определенная часть которой носит измерительный и качественный характер. В настоящее время в этом направлении созданы оригинальные базы данных, а также экспертные системы и базы данных для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания и обеспечения качественного проведения операций ТО и ремонта с целью поддержания (восстановления) его нормального функционирования [98].

Для повышения эффективности использования машин, снижения затрат при их функционировании, повышения сменной производительности необходимо решать проблемы совершенствования методов технического

обслуживания машин и качество выполнения работ на основе разработки и внедрения информационных систем.

Это усматривается и из проекта концепции модернизации инженерно-технической системы (ИТС) АПК до 2020 г., в которой, уделяя значительное внимание информационному обеспечению, отмечается, что будут разработаны и использованы информационные технологии, позволяющие поставлять целевую информацию для решения конкретных научных и практических задач на рабочее место специалиста.

Научный вклад в этом направлении внесли Альт В.В. [4, 5, 6], Борисова Л.В. [14], Гиберт А.И. [19], Димитров В.П. [31], Затонский А.В. [37], Кононогов С.А. [46], Мошкин Н.И. [69], Озорнин С.П. [72], Ополоник Т.Н. [75], Савченко О.Ф. [86].

Альт В.В. [4, 5, 6] рассматривает информационное и приборное обеспечение как фактор, способствующий развитию инновационной деятельности и обеспечивающий технический и технологический процесс в сельскохозяйственном производстве. Предложил информационную модель машинотракторного агрегата (МТА) на основе анализа потоков информации для составляющих МТА (двигателя, трансмиссии и сельхозмашины). Разработал ряд информационных моделей, которые использованы при создании экспертных систем диагностирования технического состояния тракторного двигателя. В настоящее время в СибФТИ ведутся работы по созданию информационной системы обслуживания комбайнов на карманном компьютере.

Димитров В.П. [31] разработал методические основы создания нового класса информационных систем принятия решения при техническом обслуживании зерноуборочной техники в производственных условиях, а также экспертно-обучающих систем для профессиональной подготовки специалистов в области эксплуатации сельскохозяйственных машин. Он установил, что необходимого качества работ по техническому обслуживанию машин, повысить сменную производительность и качество

уборочных работ при наличии имеющихся технических средств и операторов различной квалификации, возможно только за счет использования информационной системы поддержки принятия решений, применением новых информационных технологий, в частности, экспертных систем, которая представлена на рисунке 1.2.

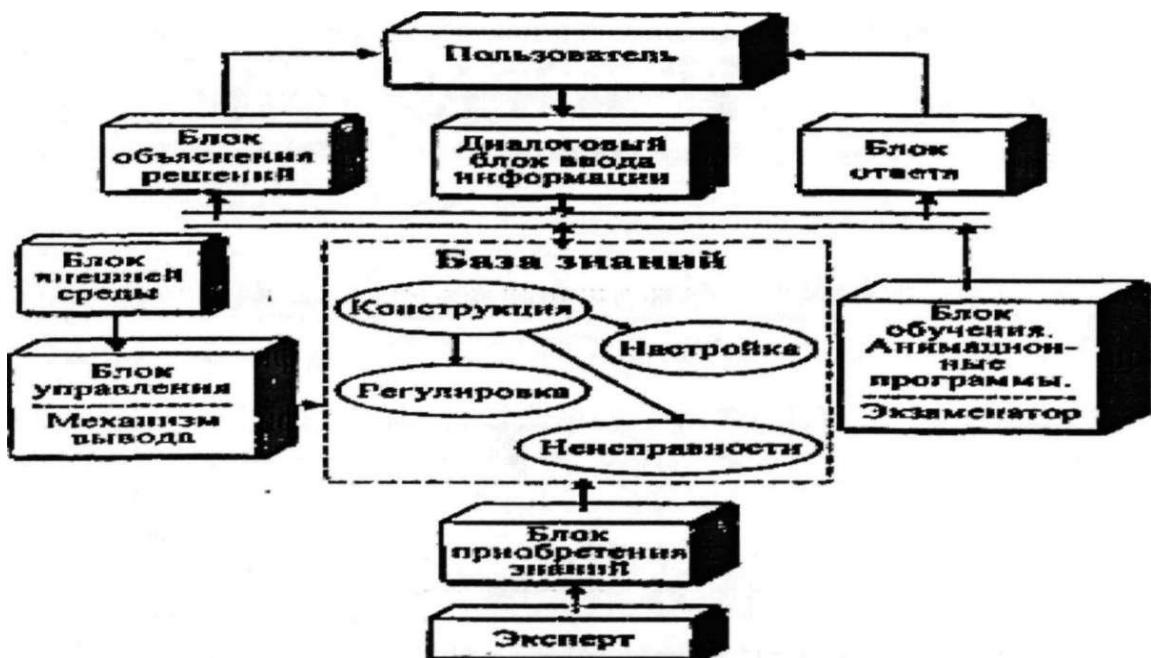


Рисунок 1.2- Структурная схема экспертной системы «ЭСК-2000»

Создано программное обеспечение, позволяющее накапливать, редактировать и тиражировать знания. Эта система может применяться не только при техническом обслуживании зерноуборочной техники, но и других автотранспортных средств и сельскохозяйственных машин любого назначения. «ЭСК-2000» может использоваться в организациях, занимающихся техническим обслуживанием машин.

Применительно к промышленности Затонский А.В. описал приемы построения и оптимизации информационной системы (ИС) обеспечения технического обслуживания и ремонта оборудования предприятия [37]. Оптимизация ИС технического обслуживания и ремонта (ТОиР) заключается в удовлетворении функциональных требований системы управления ТОиР с применением минимального набора хранимых документов. Основным

компонентом, позволяющим оптимизировать ИС, является универсальный файловый генератор, решающий проблемы быстрого создания шаблонов документов.

В процессе построения информационной системы технического обслуживания и ремонта связь между годовым графиком планово-предупредительным ремонтом (ППР) и с видами ремонтов (любой вид текущего ремонта, капитального ремонта).

Гиберт А.И. в своих трудах большое внимание уделяет системе планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта техники, оперативной оценки ее состояния с целью своевременного восстановления параметров. Обобщил и описал ряд разработок, которые направлены на совершенствование управления техническим обслуживанием, экспресс-оценки состояния мобильного агрегата с помощью освоения новых методов диагностирования, компьютерной и электронной аппаратурой [19].

Кононогов С.А. провел исследования по разработке методов поиска неисправностей дизеля СМД-62 с применением экспертной системы. Был разработан алгоритм поиска неисправностей, разделенный по степени достоверности проверок на три последовательных этапа. Разработана структура экспертной системы, предусматривающая одновременный поиск неисправностей, причин их возникновения и анализ нарушений протекания рабочего процесса. База знаний экспертной системы содержит описание 250 основных неисправностей дизеля СМД-62 и его модификаций, 52 возможных причин возникновения неисправностей и другие показатели. Общее количество правил принятия решений и управления, содержащихся в базе знаний более 1000 [46].

Мошкин НЛ исследовал закономерности изменения и функциональные связи диагностических признаков с параметрами технического состояния элементов систем зажигания. Объединил в единую информационную сеть весь анализ диагностической информации, полученной от бесконечно большого количества объектов и средств диагностирования, автоматизировал

технологию диагностирования. Разработанный им локальный диагностический комплекс (ЛДК) представляет собой компьютер, оснащенный диагностическими приборами, а также программу анализа данных, реализующую вероятностный метод диагностирования. Связь между диагностируемой системой управления и ЛДК осуществляется через оператора (выявление качественных показателей работы агрегатов и систем автотранспортного средства, например, повышенный шум, вибрация, цвет отработавших газов и т.д.), а информация о функционировании объекта до диагностирования представляется оператором, управляющим автотранспортным средством [33, 69].

Озорнин С.П. [72] рассмотрел пути повышения работоспособности мобильных машин на основе ситуационно-комбинированного обслуживания и ремонта [138]. Научную новизну его работ представляют:

- методологические положения, включающие комплекс технологических процессов подсистемы ситуационно-комбинированного обслуживания и ремонта мобильных машин с информационным мониторингом условий эксплуатации и технического состояния мобильных машин (ММ);
- совокупность математических моделей мобильных машин, технологических и информационных процессов, используемая для оценки эффективности комплекса технологических процессов ТО и ремонта, применяемого для обеспечения работоспособного состояния парков мобильных машин;
- закономерности изменения плотностей информационных потоков и формирования динамических информационных полей, используемых для повышения работоспособности мобильных машин, включающие параметры технического состояния и результаты диагностирования мобильных машин, зависящие от показателей условий их эксплуатации.

Фирмы General Motors, Deimler Benz и др. разработали метод регистрации с автоматическим выводом данных и дальнейшим расчетом

параметров индикаторной диаграммы (ИД) по программам ЭВМ. Но эти системы не позволяют провести регистрацию ИД за большое количество циклов работы двигателя с целью детального их анализа и оперативного расчета параметров ИД во время работы двигателя.

Савченко О.Ф. проанализировав методы и работу систем этих фирм, разработал методики проведения экспериментальных исследований по определению коэффициентов математической модели рабочих процессов ДВС, по метрологическому обеспечению, по наполнению баз данных и знаний с применением методов планирования экспериментов и оригинальных испытательных и метрологических стендов. По результатам исследований созданы функциональное, морфологическое и информационное описания измерительных экспертных систем дизеля. Разработан и испытан прототип измерительной экспертной системы дизеля на базе информационно измерительной системы «РИТМ» [86].

Несмотря на имеющиеся разработки, одной из причин низкого качества технического обслуживания является отсутствие информации по материальной базе, нормативным материалам, по техническим средствам, оборудованию и оснастки. Механизаторы зачастую не знают элементарных правил эксплуатации тракторов. Мастерами-наладчиками и диагностами нередко работают неподготовленные люди, не знающие работу диагностических приборов, необходимые регулировки.

Во всех хозяйствах необходимо организовать первичный учет выработки тракторов, постановки их на техническое обслуживание и ремонт, затрат на содержание. Применять формы учетной и технологической документации, необходимой для организации и проведения ТО тракторов «Кировец» в соответствии с существующей технологией [92]. А в современных условиях необходима система информационного обеспечения, которая представляет взаимосвязанную совокупность средств и методов, используемых для хранения, обработки и выдачи информации [30, 39].

## **2 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЕЕ РАЗРАБОТКЕ**

### **2.1 Предварительное обоснование требований к информационному обеспечению технического обслуживания тракторов**

Разработка системы информационного обеспечения технического обслуживания тракторов (СИОТОТ) относится к разряду достаточно сложных и методически мало отработанных задач инженерной науки. Методические положения в этом направлении в большей части пока носят научно-технический характер, а для разработки предлагаемой системы от них необходимо прийти к производственно-техническим знаниям. Поэтому выбранные в данной работе подходы к разработке СИОТОТ носят поисковый характер и, в силу этого, в последующем непременно будут уточняться. Это, прежде всего, относится к обоснованию требований к СИОТОТ и к ее структуре. В частности, для обеспечения требований необходимо обосновать общую структуру СИОТОТ. С другой стороны, немаловажную роль играет и учет специфики процессов обслуживания техники и особенностей среды, в которых такое обслуживание реализуется.

Формирование компонентов СИОТОТ на ПК и организация взаимосвязей между ними являются задачами, решаемыми известными методами, хотя и они носят достаточно сложный характер. В основу подхода положена гипертекстовая технология, получившая в последние годы признание рядом ведущих ученых страны [94,95].

Первым инструктивным документом, поставляемым с трактором, является техническое описание и инструкция по его эксплуатации, характерной особенностью таких инструктивных документов (в дальнейшем - инструкция) является наличие в них многочисленных рисунков, на которые имеются ссылки в различных частях текста инструкции, причем многие из ссылок неоднократно повторяются [107]. Аналогичная ситуация характерна и в отношении табличных материалов. Поэтому для оперирования

инструктивными сведениями по устройству и обслуживанию трактора пользователь вынужден осуществлять многократные поиски нужных фрагментов информации в тексте инструкции для их обозрения, на что тратится много времени, труда и внимания. При переходе к электронным вариантам представления инструктивных материалов можно легко устранить указанный недостаток за счет возможностей информационных технологий.

Как известно, наилучшей формой подачи материала о порядке проведения операций технического обслуживания тракторов являются технологические карты [106, 107]. Однако в заводских инструкциях взамен технологических карт представляются лишь текстовые материалы, излагающие операции обслуживания. Вследствие этого в ходе эксплуатации машины возникает определенное противоречие между прогрессивной формой потенциально наличного инструктивного материала (технологические карты) и имеющимися руководствами заводов-изготовителей техники. Поэтому многие специалисты хозяйств оперируют только инструкциями. Заметим и то, что по новым моделям машин технологические карты появляются значительно позже, после того, когда определенные научные организации разрабатывают и публикуют их. Если обратиться к публикациям, в которых приводятся технологические карты обслуживания [106, 107], то в них приводятся два варианта представления инструктивных материалов. Первый из них содержит перечень операций обслуживания, которые следует выполнять при проведении определенных видов обслуживания. Второй вариант представлен набором самих технологических карт обслуживания, в которых подробно описываются порядок выполнения операций обслуживания. Однако инструктивные материалы указанных двух вариантов между собою четко не взаимоувязаны. Поэтому на корректный выбор технологической карты при выполнении определенной операции обслуживания приходится также тратить определенное время. При формировании информационной системы данный

недостаток также может быть устранен средствами информационных технологий.

При использовании тракторов их пользователи могут обратиться также к различным публикациям в виде книг или журнальных статей, в которых приводятся более приемлемые последовательности операций технического обслуживания в зависимости от их видов [88]. Однако здесь технологические карты не приводятся. По сути, в таких источниках инструктивных материалов присутствуют материалы, представленные в виде первого варианта, упомянутого выше.

Наряду с технологическими картами технического обслуживания в печати приводятся также технологические карты технического диагностирования тракторов [85, 102], в которых представлены подробные описания выполнения операций диагностирования. Однако такие карты имеют обобщенный характер и пользователь должен хорошо владеть материалами об особенностях проведения диагностирования применительно к конкретной модели машин. По сути, здесь предусматривается более высокий уровень подготовки специалиста, что в современных условиях не всегда реально. Кроме того, необходимо операции технического диагностирования и технического обслуживания корректно взаимоувязывать. Можно полагать, что в упомянутой информационной системе этот аспект также найдет необходимое отражение.

Одним из основных инструментов, используемых в процессе диагностирования, является оценка и прогнозирование остаточного ресурса узла или агрегата трактора [102]. Различают два вида прогнозирования технического состояния составных частей машин: среднестатистическое и по реализации изменения параметров составных частей конкретной машины [10, 11, 38]. В целях практического пользования имеющихся подходов к прогнозированию в опубликованных руководствах предлагается воспользоваться специальными номограммами, разработанными сотрудниками ГОСНИТИ [11]. Существенным недостатком приема является

то, что при этом приходится выполнять масштабирование используемых данных, а сама процедура поиска результата по номограммам производится как совокупность нескольких достаточно сложных шагов, связанных, к тому же, с возможными погрешностями их реализации. При применении ПК данную процедуру можно упростить на основе использования специально разработанных программно-алгоритмических и информационных средств. Тогда оценка остаточного ресурса сводится к вводу или выбору из имеющейся таблицы соответствующих исходных данных и запуску специальной функции.

Наряду с рассмотренными материалами чисто инструктивного характера, специалисту по обслуживанию тракторов приходиться оперировать многими другими сведениями, которые в технологических картах рассматриваются лишь косвенно, в виде ссылок или указаний их моделей/марок или других характеристик. К ним относятся различные устройства, стенды, приспособления, инструменты, используемые материалы, нормативные данные и др. Характерно и то, что сведения о таких объектах приводятся в различных источниках, которые пользователю предстоит разыскать и найти. Это также требует дополнительных затрат времени и труда, а также интеллекта от пользователя. Поэтому в упомянутой информационной системе этот аспект тоже должен найти соответствующее отражение.

При разработке СИОТОТ учитывается то, что в практических условиях задачи технического обслуживания решаются механизатором и слесарями-наладчиками под руководством специалистов инженерно-технической системы. Поэтому рассматриваемая информационная система ориентирована на ее использование указанными специалистами производства. Многообразие операций технического обслуживания, методов локализации неисправностей и операций по устранению их последствий, описания которых представлены в различных технологических картах, инструкциях, схемах, плакатах и др., обусловливают необходимость систематизации и

формирования имеющихся по тракторам знаний, определения номенклатуры компонентов информационной системы и обоснования структуры каждой из них.

Характерной особенностью разрабатываемой системы является значительный объем информации, ее слабая структурированность и многоаспектность. Поэтому весьма важно изыскать приемы, на основе реализации которых можно было бы уменьшить усилия и время на оперирование такой информацией и условиях применения персонального компьютера (ПК). В качестве такого приема нами принято многоуровневое представление сформированной информации. Заметим, что идея сокращения объема представляемой для использования информации была уже высказана и ранее [1], когда для условных обозначений видов выполняемых операций обслуживания предлагалось использовать специально разработанные символы. Однако при этом использовалось лишь двухуровневое представление информации. Кроме того, не предусматривались возможности оперативного перехода от одного уровня к другому уровню ее представления. Использование информационной технологии на базе ПК позволяет более полно реализовывать возможности такого приема. Несколько ниже представлено изложение подходов, найденных для его реализации.

В основу подходов целесообразно положить формирование многовариантных текстов описаний с представлением самому пользователю возможности выбора приемлемого варианта просмотра. Это обусловлено и тем, что зачастую механизатору, мастеру-наладчику, мастеру-диагносту или специалисту инженерной службы достаточно напомнить без изложения подробностей. Если же специалист еще не знает или весьма глубоко подзабыл те или иные аспекты рассматриваемого вопроса, то целесообразно предоставить ему возможность подробного воспроизведения имеющегося материала (информацию) по ним. Это позволит, безусловно, сократить время оперирования имеющимися в информационной системе материалами, так

как к варианту с большей степенью детализации (соответственно с большим объемом текста и сопутствующей затратой времени на ее восприятие) пользователь будет обращаться лишь в случаях необходимости просмотра подробного варианта.

Еще одной особенностью инструктивных и технологических материалов является их динамизм, связанный с постоянным их совершенствованием и модернизацией. Однако от момента их разработки до представления в соответствующих публикациях в систематизированном виде обычно проходит довольно продолжительное время и из-за этого имеющиеся инновации остаются невостребованными в течение длительного времени. Оперативное использование сведений о появившихся инновациях по обслуживанию тракторов - важный резерв повышения эффективности эксплуатации тракторов. Однако в настоящее время отсутствует регулярный механизм использования имеющихся инноваций в указанном направлении, но в рассматриваемой информационной системе соответствующий механизм может быть предусмотрен и реализован. В случае наличия упомянутой информационной системы можно организовать достаточно оперативное реагирование на имеющиеся изменения выпуском новых версий/редакций системы. Поэтому следующее требование к ней может быть представлено как наличие средств, позволяющих оперативно или периодически пополнять её новой или уточненной информацией по всем аспектам обслуживания тракторов.

На основе систематизации вышеизложенного сформулированы следующие исходные предпосылки к разработке системы информационного обеспечения технического обслуживания тракторов (СИОТОТ):

- 1) Повышение степени доступности имеющихся разработок по проведению технического обслуживания тракторов.
- 2) Систематизация знаний и информации, связанных с техническим обслуживанием тракторов, интеграции всех необходимых компонентов

знаний в единую систему, регулярная корректировка информационных компонентов СИОТОТ.

3) Наличие возможности регулярной корректировки информационных компонентов СИОТОТ; многоуровневое представление материалов с описанием операций обслуживания.

4) Взаимоувязка последовательности выполнения операций по технологическим картам диагностирования и технического обслуживания тракторов в зависимости от результатов диагностирования.

5) Реализация программно-алгоритмических средств и информационных компонентов в прогнозировании остаточных ресурсов основных узлов и агрегатов трактора.

6) Учет при обслуживании и автоматизированная фиксация индивидуальных параметров технического состояния тракторов.

7) Учет оснащенности пункта технического обслуживания хозяйства или сервисного предприятия техническими средствами при проведении операций обслуживания тракторов.

8) Обеспечение пункта технического обслуживания хозяйства или сервисного предприятия нормативно-технической информацией.

9) Актуализация сведений о предприятиях, располагающихся ресурсами для проведения операций обслуживания тракторов.

10) Обеспечение легкости оперирования информацией, имеющейся в СИОТОТ.

На основе обобщения изложенного СИОТОТ должна отвечать следующим требованиям:

1) Базирование на использование ПК и современных информационных технологий.

2) Структуризация, систематизация и интеграция всех необходимых компонентов нормативно-технической документации (и знаний) по техническому обслуживанию тракторов.

- 3) Осуществление многоуровневого представления технологий технического обслуживания тракторов.
- 4) Разработка программно-алгоритмических и информационных средств для прогнозирования остаточного ресурса узлов и агрегатов трактора и расчета диагностируемых параметров.
- 5) Учет хронологии обслуживания тракторов и выдача оперативных сводок обслуживания.
- 6) Возможность оперативного и регулярного пополнения компонентов системы уточненной или новой документацией и знаниями;

## **2.2 Информационная модель системы технического обслуживания тракторов**

Информационные модели могут быть использованы для целостного и формализованного описания систем, реально существующих или (и) абстрактных объектов и процессов, функционирование которых зависит от их структуры и обусловлено влиянием многих факторов [4, 5, 19, 39, 68]. В данной части работы представлен вариант информационной модели названной системы, в которой процессы технической обслуживания и технического диагностирования тракторов рассматриваются в комплексе, следуя методологии системологии [34, 84], модель ориентирована на генерирование информации основных блоков системы не только на уровне хозяйства. В работе сделано предположение о том, что процессы технического обслуживания могут быть описаны однотипными информационными компонентами и, как следствие, иметь единообразное информационное описание. Это позволит совершенствовать и организовать единый информационный подход при техническом обслуживании тракторов. С точки зрения информационного описания это является ускоренным, управляемым, представлением процессов, происходящих с конкретным трактором на пункте или станции технического обслуживания с применением оборудования, оснастки, инструментов. Представим вначале

информационную модель СТОТ как совокупность следующих двух основных объектов, непосредственно участвующих в процессе обслуживания тракторов:

$$ИМ_{стот} = \{СП, МОХ\}, \quad (2.1)$$

где СП - сервисное предприятие (организация), применительно к которому рассматривается СТОТ;

МОХ - совокупность (множество) хозяйств, трактора которых обслуживаются данным СП, причем:

$$МОХ = \{OX_1, OX_2, \dots, OX_R\}, \quad (2.2)$$

где  $OX_1, OX_2, \dots, OX_R$  - множество обслуживаемых сервисным предприятием хозяйств.

Объединение возможных множеств МОХ применительно к множеству сервисных предприятий региона приведет к множеству всех обслуживаемых хозяйств региона - МОХР.

В качестве сервисного предприятия могут быть рассмотрены как специализированная организация, так и структурные подразделения обслуживаемых хозяйств. Поэтому, если обслуживание тракторов производится в самом хозяйстве (на пункте технического обслуживания (ПТО) хозяйства), то в качестве некоторых из  $OX_1, OX_2, \dots, OX_R$  будут выступать структурные подразделения данного хозяйства (бригада, отделение и т.д.).

Обычно в регионе имеется несколько сервисных предприятий. Исходя из этого, множество сервисных предприятий региона (МСПР) может быть представлено в виде:

$$МСПР = \{СП_1, СП_2, \dots, СП_p\}, \quad (2.3)$$

где  $СП_1, СП_2, \dots, СП_p$  - сервисные предприятия рассматриваемого региона.

Сервисное предприятие располагает определенными возможностями, зависящими от его фактической оснащенности средствами обслуживания. Поэтому в выражении (2.1) его будем представлять в виде:

$$СП_N = \{ИСП_N, ПТО_N\}, K = 1, 2, \dots, P, \quad (2.4)$$

где ИСП<sub>N</sub> - наименование N-го сервисного предприятия;

ПТО<sub>N</sub> - номер варианта модели или размера ПТО тракторов, находящегося в ведении N-го СП.

Заметим, что в качестве ПТО<sub>N</sub> будет фигурировать один из имеющихся (известных) вариантов ПТО тракторов, включая типичные и распространенные. Для случаев учета в модели множества сервисных предприятий можно видеть, что в ИМстот должны фигурировать все известные варианты ПТО как полное множество их вариантов, имеющихся в регионе, которое представим как множество всех имеющихся ПТО - МПТО, определяемое в виде:

$$МПТО = \{ПТО_1, ПТО_2, \dots, ПТО_G\}, \quad (2.5)$$

где ПТО<sub>1</sub>, ПТО<sub>2</sub>, ..ПТО<sub>G</sub> - типичные ПТО 1-й, 2-й, ..., G-й модификации (модели) соответственно.

Для общности в дальнейшем включенные в (2.5) варианты ПТО будем называть типичными, особо не различая типичные и распространенные модели.

Компонент МПТО играет важную роль в обслуживании тракторов, поэтому на его основе следует формировать один из основных блоков системы информационной поддержки технического обслуживания тракторов. В этом блоке должны быть представлены сведения по всем вариантам ПТО, включенным в МПТО.

С учетом изложенного уточним информационную модель ИМстот и замен (2.1) можем записать в следующем виде:

$$ИМстот = \{МСПР, МПТО, МОХР\}. \quad (2.6)$$

Выражение (2.6) можно рассматривать в качестве базового варианта информационной модели СТОТ, так как наличие информации по полным множествам вариантов ПТО и СП позволит решать ряд вопросов по организации обслуживания тракторов в регионе. Однако информационное содержание компонентов СТОТ в (2.6) в явном виде еще не раскрыто. С этой целью произведем детализацию информационных характеристик структурных составляющих выражения (2.6).

В состав информации о 1-м варианте ПТО целесообразно включить следующие компоненты:

$$\text{ПТО}_1 = \{\text{ИПТО}_1, \text{СО}_1, \text{ПРО}_1, \text{СРТ}_1, \text{СОТ}_1\}, \quad (2.7)$$

где ИПТО<sub>1</sub> - наименование модели (условный номер) типового ПТО;

СО<sub>1</sub> - спецификация оборудования, предусмотренная к установке на 1-м варианте типового ПТО;

ПРО<sub>1</sub> - план расстановки оборудования на 1-м типичном ПТО;

СРТ<sub>1</sub> - схема расстановки обслуживаемых тракторов на 1-м варианте типового ПТО;

СОТ<sub>1</sub> - схема обслуживания тракторов на 1-м типичном ПТО.

Учитываемая в этом выражении спецификация (регистр) оборудования I-го варианта ПТО представится в виде:

$$\text{СО}_1 = \{\text{O}_1, \text{O}_2, \dots, \text{O}_{R_01}\}, \quad (2.8)$$

где O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, ..., O<sub>R<sub>01</sub></sub> - наименования и марки моделей 1-го, 2-го, ..., R<sub>01</sub>-го оборудования соответственно, используемых на 1-м типичном ПТО.

Объединение возможных множеств СО<sub>1</sub> по всем МПТО позволит сформировать полное множество наименований (регистр, ведомость) оборудования, которое должно фигурировать в ИМстот в качестве сервисных компонентов, предоставляемых хозяйствам. Для его обозначения введем символ ВОС, а информационную модель i-го оборудования представим в виде:

$$IMO_i = \{HO_i, XO_i, OO_i\}, \quad (2.9)$$

где  $HO_i$  - назначение  $i$ -го оборудования;

$XO_i$  - характеристика  $i$ -го оборудования;

$OO_i$  - описание конструкции и правил использования  $i$ -го оборудования.

План расстановки оборудования на I-м ПТО целесообразно представлять в виде графического объекта (рисунка). Схема расстановки обслуживаемых тракторов на I-м варианте ПТО также представляется графическим объектом. При наличии нескольких вариантов планов приводятся каждый из имеющихся вариантов расстановки тракторов. Схема обслуживания тракторов на I-м типичном пункте ТО представляется также в виде графического объекта.

По известному варианту ПТО, находящемуся в ведении сервисного предприятия, можно установить перечень (номенклатуру) оборудования, потенциально используемого в регионе при обслуживании тракторов. Для оценки достаточности такого оборудования по обслуживанию тракторов определенного множества хозяйств необходимо перечень требуемого оборудования с учетом марочного состава тракторов обслуживаемых хозяйств. Затем необходимо сопоставить указанные перечни друг с другом.

Каждое из  $OX_1, OX_2, \dots, OX_R$  хозяйств, трактора которых обслуживаются сервисным предприятием, представится в виде:

$$OX_I = \{IOX_I, MT_{1I}, NT_{1I}, MT_{2I}, NT_{2I}, \dots, MT_{JI}, NT_{JI}\}; \quad (2.10)$$

где  $IOX_I$  - наименование  $I$ -го хозяйства (или подразделения хозяйства);

$MT_{1I}, MT_{2I}, \dots, MT_{JI}$  - 1-я, 2-я, ...,  $J$ -я марки тракторов  $I$ -го хозяйства, обслуживаемых сервисным предприятием;

$NT_{1I}, NT_{2I}, \dots, NT_{JI}$  - количество тракторов  $I$ -го хозяйства 1-й, 2-й, ...,  $J$ -й марок соответственно, обслуживаемых сервисным предприятием.

Объединением подмножеств  $MT_{1I}, MT_{2I}, \dots, MT_{JI}$ , по всем обслуживающим сервисными предприятиями хозяйствам ( $I = 1, 2, \dots, R$ ) применительно к рассматриваемому региону можно установить множество (перечень) марок

обслуживаемых тракторов ММТ, которые также следует включить в ИМ<sub>СТОТ</sub> в качестве следующего информационного компонента модели, определяющего необходимые компоненты обслуживания.

Заметим, что параметры МТ<sub>11</sub>, МТ<sub>21</sub>,..., МТ<sub>J1</sub> в информационной модели явно не используются, но такая информация может потребоваться при оценке трудоемкости и других параметров системы обслуживания тракторов.

Описание конструктивных особенностей и характеристик тракторов обычно приводится в технической документации. Объединение множеств описаний по множеству учитываемых марок тракторов представим как следующий компонент информационной модели (ММТ). На основе компонента ММТ в системе информационной поддержки технического обслуживания тракторов следует формировать ее следующий информационный блок.

При проведении операций технического диагностирования (ТД) и технического обслуживания (ТО) принято оперировать технологическими картами, в которых приводятся правила выполнения операций, а также необходимые оборудование, приспособления, слесарно-монтажный инструмент, контрольно-измерительные приборы, расходные материалы с нормативами их потребности. На основе таких сведений формируются альбом технологических карт диагностики и технического обслуживания для каждой I-й марки трактора – АТК<sub>I</sub> множества (ведомости) необходимого оборудования – ВО<sub>I</sub> и приспособлений - ВП<sub>I</sub>. Аналогично формируются необходимые набор слесарно-монтажного инструмента - НСМИ<sub>I</sub> и комплект контрольно-измерительных приборов - ККИП<sub>I</sub> а также нормативы затрат расходных материалов – НРМ<sub>I</sub>. На основе их систематизации применительно к обслуживаемым маркам тракторов (ММТ) можно сформировать регистры (ведомости) марок тракторов - РМТ, необходимые комплекты альбомов технологических карт обслуживания - КАТК (по каждой марке - свой альбом), регистры (ведомости) необходимого оборудования - РНО (в отли-

чие от ВО), регистры необходимых приспособлений - РНП, регистры слесарно-монтажных инструментов - РСМИ, регистры контрольно-измерительных приборов - РКИП, регистры расходных материалов - РРМ и нормативы их затрат - НРМ. Кроме указанных потребуются также данные по нормативам затрат времени на выполнение операций обслуживания тракторов - НЗВ и о квалификационном составе исполнителей работ - КСИР. Отсюда следует вывод о том, что указанные альбомы и регистры должны также фигурировать в информационной модели, а описание их необходимо включить в информационную систему.

Рассмотрим теперь информационную модель трактора определенной модели. Она может быть представлена в виде:

$$MT_I = \{IMT_I, OMT_I, ATK_I\}; \quad (2.11)$$

где ИМТ<sub>I</sub> - наименование I-й марки трактора;

ОМТ<sub>I</sub> - описание конструктивных особенностей и характеристики I-й марки трактора;

АТК<sub>I</sub> — альбом технологических карт выполнения операций обслуживания I-й марки трактора.

В дальнейшем операции технического диагностирования и технического обслуживания тракторов будем рассматривать как единую совокупность операций обслуживания (ОО), предусмотренных применительно к определенной марки трактора, и обозначим их символами вида ОO<sup>I</sup>. Тогда информационная модель альбома с учетом указанных выше компонентов представится в виде

$$ATK_I = \{IMT_I, OO_I^1, OO_I^2, \dots, OO_I^{NO_I}, BO_I, VP_I, HSMI_I, KKIP_I, HPM_I, NZV_I, KSIPI\} \quad (2.12)$$

где ОO<sup>I</sup>, ОO<sup>I</sup><sup>2</sup>, ..., ОO<sup>I</sup><sup>NO\_I</sup> - 1-я, 2-я, ..., NO<sub>I</sub>-я операции обслуживания I-й марки трактора соответственно; NO<sub>I</sub> - количество операций обслуживания I-й марки трактора.

Примем допущение, что для каждой J-й операции  $OO^J$  обслуживания трактора формируется отдельная технологическая карта  $TK^J$ . Ее информационная модель может быть представлена в виде:

$$TK^J = \{ИТК^J, УВО^J, СР^J, ТТ^J, ИО^J, ИП^J, НСМИ^J, НКИП^J, НРМ^J, НЗВ^J, СИР^J\}; (2.13)$$

где ИТК - наименование технологической карты;

УВО - условия выполнения работ по обслуживанию трактора по карте, включая периодичность их выполнения;

СР - содержание работ по обслуживанию;

ТТ - технические требования и указания к выполнению работ по обслуживанию;

ИО - используемое оборудование;

ИП - используемое приспособление;

НСМИ - набор слесарно-монтажных инструментов;

НКИП - набор контрольно-измерительных приборов;

НРМ - нормы расхода материалов, в т.ч. и топливно-смазочных;

НЗВ - норма затраты времени на операцию обслуживания;

СИР - исполнители операции.

Для удобства оперирования технологические карты целесообразно группировать по видам обслуживания, определяемым условиями обслуживания УВО, включая такие широко известные как ежесменное техническое обслуживание (ETO), первое техническое (ТО-1), второе техническое (ТО-2), третье техническое (ТО-3), сезонное (СТО), обслуживание при хранении - ТОХ. С учетом сказанного может быть рассмотрен второй, более упрощенный вариант информационной модели альбома технологических карт:

$$ATK_I = \{ИМТ_I, ETO_I, T01_I, T02_I, T03_I, СТО_I, TOX_I\}; (2.14)$$

Необходимо заметить, что в зависимости от регламентированных условий обслуживания в выражении (2.14) могут быть составляющие

применительно к другим периодичностям обслуживания, что особо характерно для ряда импортных моделей тракторов.

Кроме операций технического обслуживания и технического диагностирования, в ходе обслуживания выполняются определенные расчетные операции. Например, к их числу относится расчет остаточного ресурса трактора по параметрам его технического состояния, установленным в результате диагностирования. Отсюда вытекает необходимость ввода в информационную модель такого параметра, как регистр расчетных задач (РРЗ).

На основе учета описанных компонентов в дополнение к (2.6) второй, расширенный вариант информационной модели можно записать в виде:

$$\text{ИМстот} = \{\text{МСПР}, \text{МПТО}, \text{МОХР}, \text{РМТ}, \text{КАТК}, \text{РНО}, \text{РНП}, \text{РСМИ}, \\ \text{РКИП}, \text{РРМ}, \text{НРМ}, \text{НЗВ}, \text{КСИР}, \text{РРЗ}\}; \quad (2.15)$$

Таков общий вариант информационной модели. Переход к частным случаям от общего заключается в выборе рассматриваемого множества сервисных предприятий, т.е. состава МСПР, который от рассматриваемого отличается множеством конкретных СП.

Информационное наполнение описанных моделей и их компонент целесообразно начинать с наиболее простого варианта, постепенно формируя и накапливая (т.е. генерируя, как это подчеркивается в работе [34]) соответствующий информационный фонд системы информационного обеспечения обслуживания тракторов. Ввиду многообразия информационных компонент ее разработку целесообразно реализовать на ПК в виде специализированных информационных систем [57, 84].

Описанные методические положения по разработке информационных моделей могут быть использованы и для формирования информационных моделей обслуживания других видов техники - уборочных машин, различных видов сельскохозяйственной техники, оборудования предприятий переработки сельскохозяйственной продукции и промышленности.

## **2.3 Программно-алгоритмические и информационные средства прогнозирования остаточного ресурса**

Известно [102, 104], что изменение прогнозируемого параметра состояния трактора от номинального  $\Pi_n$  до предельного  $\Pi_p$  значений с приемлемым допущением может быть выражено степенной функцией вида:

$$U(t) = v_c t^a \quad (2.16)$$

где:  $U(t)$ - изменение параметра к моменту

$v_c$  - скорость изменения параметра, обычно являющаяся случайной величиной;

$t$  - наработка трактора с начала эксплуатации;

$a$  - показатель степени, определяющий характер изменения параметра от наработки.

С учетом того, что в момент времени  $t = 0$  рассматриваемый параметр  $U(t)$  имел номинальное значение  $\Pi_n$ , для момента времени диагноза  $t_d$  он может быть представлен в виде:

$$\Pi_d = \Pi_n + v_c t_d^a \quad (2.17)$$

Полагая, что скорость изменения параметра  $v_c$  будет одной и той же в течение всего периода эксплуатации данного трактора, значение параметра  $\Pi_p$  в момент исчерпания допустимого значения (в момент достижения параметром предельной величины) определится соотношением:

$$\Pi_p = \Pi_n + v_c t_p^a, \quad (2.18)$$

где  $t_p$  - наработка трактора от начала эксплуатации до достижения рассматриваемым параметром допустимого значения  $\Pi_p$ .

Разницей между величинами  $\Pi_p$  и  $\Pi_d$  определится оставшийся запас параметра  $\Delta\Pi$ , который может быть использован трактором от момента диагностирования до момента  $t_p$ . Тогда, вычитая (2.17) из (2.18), и, обозначив  $\Pi_p - \Pi_d = \Delta\Pi$ , будем иметь

$$\Delta\Pi = v_c(t_n^a - t_d^a). \quad (2.19)$$

Отсюда

$$t_n^a = \Delta\Pi / v_c + t_d^a \quad (2.20)$$

и из (2.20) значение  $t_n$  определится как

$$t_n = (\Delta\Pi/v_c + t_d^a)^{1/a}. \quad (2.21)$$

Неизвестную в (2.21) величину  $v_c$  можно оценить по значению  $\Pi_d$  полученному в результате диагностирования. Для его вычисления используем соотношение (2.17):

$$v_c = (\Pi_d - \Pi_n)/t_d^a, \quad (2.22)$$

используя в качестве  $\wedge$  наработку к диагностированию.

После подсчета величины  $t_n$  остаточный ресурс определится в виде:

$$t_{\text{ост}} = t_n - t_d. \quad (2.23)$$

Рассмотрим теперь информационную базу, необходимую для расчетов по прогнозированию остаточного ресурса учитываемых параметров с использованием ПК.

Для удобства и рациональной организации расчетных процедур целесообразно формировать несколько таблиц с исходными данными, предварительное заполнение необходимых сведений для которых может производить уполномоченный на то специалист сервисной организации, введении которой будет находиться данная информационная система. Затем эти сведения вводятся в ПК в специально сформированные формы - аналоги таких таблиц. Опишем кратко содержание необходимых таблиц.

Таблица «Свод учитываемых тракторов» (таблица 2.1) содержит список марок тракторов, информация о которых будет поддерживаться системой. Каждой марке трактора отводится строка таблицы. Первая колонка служит для записи наименования марки трактора, во вторую колонку заносят число обслуживаемых информационной системой тракторов по каждой из

представленных марок. Колонка «Примечание» служит для записи вспомогательной неформализованной информации.

**Таблица 2.1 - Свод учитываемых тракторов**

Сервисная организация	Дата заполнения	
Марка трактора	Количество обслуживающих тракторов	Примечание

Таблица «Сведения об обслуживании тракторов» (таблица 2.2) заводятся по каждой марке трактора в отдельности. Марка рассматриваемого трактора в таблице записывается в место, указанное символом «Марка Т». Таблицы содержат индивидуальные сведения о тракторах, включенных в сферу обслуживания данной системой.

**Таблица 2.2 - Сведения об обслуживании тракторов**

Сервисная организация	Дата	Марка Т		
Хозяйство, подразделение	Хозяйственный номер трактора	Срок ввода в эксплуатацию	Наработка к рассматриваемому диагностированию	Дата диагностирования

По каждому трактору в таблице указывается хозяйство (или его подразделение), к которому принадлежит обслуживающий трактор, хозяйственныеномера тракторов, записываемые построчно. В строку каждого трактора записываются также срок ввода его в эксплуатацию или капремонта (год и месяц), наработка к моментам поступления на рассматриваемое диагностирование, т.е. с начала эксплуатации или после капитального ремонта, и дата поступления на диагностирование.

Таблица «Справочник параметров состояний агрегатов и узлов тракторов» (таблица 2.3) представляет по каждой марке трактора сведения

значений параметров, содержащихся в технической документации по обслуживаемым маркам тракторов. Для удобства оперирования информацией к таблице приписывается марка трактора, занесенная аналогично вышеуказанному в место символов «Марка Т».

Организация \_\_\_\_\_ Дата заполнения \_\_\_\_\_ Марка Т  
**Таблица 2.3 - Справочник параметров состояний агрегатов и узлов трактора**

Агрегат, узел, кинематическая пара	Наименование параметра состояния трактора	Значения параметра		Показатель степени функции изменения параметра, а
		номинальное, $\Pi_n$	предельное, $\Pi_p$	

При поступлении трактора на пункт обслуживания и в результате его диагностирования заполняется информация, представленная в виде таблицы 2.4 «Данные по состоянию обслуживаемого трактора». В частности, в ней заполняются дата поступления, марка трактора и его хозяйственный номер, наименование хозяйства или подразделения, к которому принадлежит трактор, сервисная организация, а также наработка от начала эксплуатации.

По результатам диагностирования мастер-диагност заполняет последнюю колонку таблицы - «Значение параметра, установленное по результатам диагноза», а результаты прогнозирования заносятся в последнюю колонку в результате выполнения необходимых расчетов.

**Таблица 2.4 - Данные по состоянию обслуживаемого трактора**

Дата поступления на пункт ТО \_\_\_\_\_ Хозяйство, подразделение  
 Марка трактора \_\_\_\_\_ Хозяйственный номер \_\_\_\_\_  
 Сервисная организация \_\_\_\_\_  
 Наработка от начала эксплуатации (в мото-ч, кг топлива, га У.П.) \_\_\_\_\_

Агрегат, узел, кинематическая пара	Параметр состояния трактора	Значение параметра			
		Номинальное, $\Pi$	Предельное, $\Pi_p$	Показатель степени функции изменения параметра, а	По результатам диагностирования

Таблица 2.5 - Регистрация данных диагностирования трактора

Организация _____			Марка Т _____		
№ п/п	Узел, кинематическая пара	Параметр состояния трактора	Шифр трактора		
			Наработка к 1 диагностированию		Время 1 диагностированию
			То же к текущ. диагностированию		То же последнему
			1-й	текущей	остаток

В соответствии с этим в других колонках таблицы (наработка к моменту процедуры рассматриваемого диагностирования) целесообразно записать условно выбранное для алгоритма значение, в качестве которого выбран нуль - «0». Затем, по мере поступления тракторов на пункт ТО для обслуживания таблица дополняется конкретными данными об их наработках к моменту обслуживания, заменяя тем самым нулевые значения на фактические.

На последнем этапе из ПК формируются результаты оценки остаточного ресурса, полученные на основе выполненных расчетов. Они оформляются в виде таблицы 2.6 «Заключения по результатам диагностирования».

Таблица 2.6 - Заключения по результатам диагностирования

Организация _____		Дата заполнения _____		
Трактор марки _____		Хозяйственный номер _____		
Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния трактора	Значение параметра по диагностированию	Оценка остаточного ресурса	Заключение по параметру

Заключение по результатам расчета остаточного ресурса  $I_{\text{ост}}$  по параметру можно выработать на основе его сравнения с периодичностью технического обслуживания.

При этом для тракторов можно оперировать следующими логическими соотношениями.

Если  $t_{\text{ср}} > 900$ , то следующее диагностирование необходимо проводить при очередном ТО-3.

Если  $450 > t_{\text{ср}} < 900$ , то следующее диагностирование необходимо проводить при очередном ТО-2.

Если  $225 > t_{\text{ср}} < 450$ , то следующее диагностирование необходимо проводить при очередном ТО-1.

Если  $t_{\text{ср}} < 225$ , то узел трактора с нуждается в ремонте.

Данная форма выдается в отпечатанном виде трактористу и подшивается в папку сервисной организации.

## **2.4 Общая схема функционирования системы информационного обеспечения технического обслуживания тракторов (СИОТОТ)**

**Система информационного обеспечения технического обслуживания тракторов состоит из следующих блоков:**

- пункты технического обслуживания - ПТО
- операции технического обслуживания - ОТО
- прогнозирование остаточного ресурса - ПОР
- оборудование и оснастка - ОиО
- инструменты и приборы - ИиП
- хронология состояний тракторов - ХСТ
- топливно-смазочные и расходные материалы — РМ
- нормы расхода и затрат ресурсов - НР
- обслуживаемые тракторы - ОТ
- предприятия ресурсного обеспечения - РП

В качестве блоков рассматриваются:

- типичные пункты технического обслуживания с подробным описанием их характеристик;
- множество операций обслуживания тракторов рассматриваемых моделей, в соответствии с имеющейся системой технического обслуживания, с описанием приемов выполнения самих операций и требования к их выполнению;
- устройство, технические характеристики и правила использования оборудования и оснастки при выполнении операций обслуживания;
- характеристики и особенности применения необходимых инструментов и приборов;
- характеристики и особенности используемых в процессе обслуживания топливно-смазочных и расходных материалов;
- нормы расхода материалов и ресурсов, необходимых для выполнения операций обслуживания;
- описание конструкций узлов и агрегатов обслуживаемых тракторов;
- состояние, тракторов зафиксированные по каждому из них в моменты их поступления на техническое обслуживание;
- прогнозирование остаточного ресурса узлов и агрегатов трактора;
- сведения о поставщиках оборудования и оснастки, расходных материалов, сервисных услуг.

Заметим, что первый и последний блоки в большей мере будут востребованы при решении задач, связанных с общей организацией обслуживания тракторов и в меньшей мере связаны с *Rix* моделями. Поэтому они могут быть включены в разрабатываемую информационную систему после формирования содержания остальных блоков.

Каждый из указанных блоков отличается по структуре, разрабатывается как автономный, и может быть использован в качестве компоненты в составе других информационных систем. Блоки должны быть представлены уровнями детализации, зависящими от их информационного наполнения и сложности его смыслового содержания.

Общая схема функционирования СИОТОТ может быть представлена как следующая последовательность процедур:

- 1) Задание марки и хозяйственного номера обслуживаемого трактора и настройка СИОТОТ в соответствии с данной маркой.
- 2) Задание вида проводимого ТО и настройка СИОТОТ в соответствии с данным видом ТО.
- 3) Опрос механизатора о неисправностях трактора и формирование записи в истории его обслуживания.
- 4) Вход в настроенный вариант СИОТОТ и просмотр последовательности операций технологического процесса по блоку «Операции технического обслуживания».
- 5) Вызов в память ПК данных о параметрах технического состояния трактора при предыдущих обслуживаниях.

### **3 МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СИОТОТ И ЕЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОВЕРКИ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ**

#### **3.1 Общая программа экспериментальных исследований и краткая характеристика основных блоков СИОТОТ**

Информационные компоненты СИОТОТ разделяются на те, которые применимы в условиях любого хозяйства, и на те, которые являются характерными для конкретного хозяйства. Эти группы информационных составляющих будут далее, при необходимости, отмечаться особо. Кроме того, информационные компоненты первой группы классифицируются по изменчивости их в процессе эксплуатации системы. К таковым отнесены те компоненты информации, которые остаются условно постоянными в процессе эксплуатации СИОТОТ, и те, которые оперативно изменяются в процессе работы по обслуживанию тракторов.

Исходя из сказанного, для решения поставленных задач программа исследований предусматривает:

- 1) Подготовить информационные материалы и осуществить формирование блоков СИОТОТ применительно к тракторам.
- 2) Систематизировать операции технического обслуживания в совокупности с операциями технического диагностирования и разработать единый технологический процесс технического обслуживания тракторов в среде СИОТОТ.
- 3) Разработать программно-алгоритмические и информационные средства для прогнозирования остаточного ресурса основных узлов и агрегатов тракторов.
- 4) Сформировать на ПК оперативную информацию применительно к условиям определенного хозяйства.
- 5) Провести опытную эксплуатацию СИОТОТ в производственных условиях.

В главе 2 раздела 2.5 был представлен перечень основных блоков СИОТОТ. Представим теперь их более подробную характеристику как объектов дальнейшей разработки.

Информационный блок «Пункты технического обслуживания» содержит сведения, характеризующие имеющиеся типичные проекты пунктов технического обслуживания, включая их общую характеристику, а также состав и расстановку оборудования, и другие информационные компоненты. В этот же блок могут быть включены также сведения об имеющихся оригинальных и эффективных проектах пунктов технического обслуживания.

Диагностирование - составная часть технического обслуживания и ремонта тракторов, представляющее собой комплекс работ по определению технического состояния машин и назначению соответствующих этому состоянию обслуживающих воздействий. В имеющихся руководствах диагностирование рассматривают в отдельности. Нами предлагается изменить данное положение путём соединения в единое целое все операции обслуживания. Поэтому информационный блок «Операции технического обслуживания» составляется из информационных компонентов, подробно характеризующих полный набор операций, предусмотренных по техническому диагностированию и техническому обслуживанию имеющихся в хозяйстве тракторов, включая требования и порядок их выполнения, используемые при этом оборудование, приборы и инструменты. В данном блоке представляются все операции в единой совокупности в виде единого технологического процесса. Одновременно с этим предусмотрено формирование материалов с вариантами, отличающимися степенью детализации представления информации [59].

Блок «Прогнозирование остаточного ресурса» представляется в виде программно-алгоритмических и информационных средств, позволяющих заменить процедуру использования номограмм компьютерными средствами [56]. При использовании электронной таблицы в качестве программной

среды условимся, что для данной таблицы отводится отдельный файл, принятой в электронной таблице называть книгой. Назовем ее для определенности «Прогноз».

В блоке «Оборудование и оснастка» приводятся подробное описание и технические характеристики устройств, предусмотренные к использованию для выполнения операций по техническому обслуживанию тракторов имеющимися руководствами.

В информационный блок «Инструменты и приборы» включаются описания и характеристики измерительных инструментов и приборов, которые непосредственно применяются при выполнении операций по техническому обслуживанию тракторов.

Блок «Топливно-смазочные и расходные материалы» включает в себя описание свойств и характеристик топливно-смазочных и специальных расходных материалов, используемых при техническом обслуживании тракторов.

Блок «Нормы расхода и затрат ресурсов» содержит нормативные сведения по нормам расхода материалов и ресурсов, в т.ч. и трудовых, которые могут потребоваться при организации и планировании работ по обслуживанию тракторов.

Блок «Обслуживаемые тракторы» состоит из материалов, которые содержат сведения об устройстве (конструкции) обслуживаемых тракторов.

В блоке «Предприятия ресурсного обеспечения» будут собраны все сведения о предприятиях имеющих ресурсы для проведения операций обслуживания тракторов.

Блоком «Хронология состояний тракторов» учитываются состояния обслуживаемых тракторов, зафиксированные по каждому из них в отдельности в моменты их поступления на техническое обслуживание. Это - своеобразная история «болезни» трактора. Здесь же накапливаются сведения, необходимые для прогнозирования остаточного ресурса.

### **3.2 Методика формирования основных блоков СИОТОТ**

Методика формирования блоков по техническому обслуживанию основана на приемах интеграции и систематизации информационных компонентов и состоит из нескольких этапов:

- 1) Свод электронных текстов (ЭТ).
- 2) Структуризация набора ЭТ.
- 3) Создание гипертекстовой информационной системы.
- 4) Создание системы информационного обеспечения технического обслуживания.

В основу формирование компонентов СИОТОТ на ПК и организации взаимосвязей между ними положена гипертекстовая технология, получившая признание рядом ведущих ученых страны.

Содержание материалов в блоках должно отражать специфику предметной области в нескольких формах. Первая из них - это текстовое представление содержание процессов, объектов и связей между ними. Вторая форма описания представляет собой графическое представление информации [30, 39].

Следующий шаг - составление словаря информационной системы. Словарь системы - это набор слов, фраз, кодов, наименований, используемых разработчиком для обозначения условий, целей, заключений и гипотез. Благодаря словарю пользователь понимает результаты работы системы. Составление словаря - важная работа, ибо четко сформулированные условия и ответы резко повышают эффективность эксплуатации системы [30, 39].

Далее - разработка базы знаний и базы данных. Главное внимание здесь уделяется коэффициентам определенности исходных условий и правил их обработки [30, 39, 84]. База данных по блокам разрабатывается и создается на основе:

- целей, задач, функций данного блока;

- выявления движения информации от момента возникновения и до ее использования на различных уровнях;
- совершенствования системы технического обслуживания;
- наличия и использования системы классификации и кодирования.
- владения методологией создания концептуальных информационно-логических моделей, отражающих взаимосвязь информации.

Последний шаг - внедрение. Проверяется и оценивается правильность работы блока. Устанавливаются результаты, которые затем сравниваются с планированными. Проверяются также промежуточные расчеты с помощью блока, отвечающего на вопросы, как и почему [30, 39].

Из обзора указанных соотношений можно усматривать, что для случая, когда обслуживание тракторов производится силами самого сельхозпредприятия, в качестве основных составляющих СИОТОТ будут выступать:

- пункт технического обслуживания хозяйства, выступающий в роли сервисного предприятия;
- ПТО<sub>N</sub> - номер варианта модели или типоразмера ПТО тракторов, находящегося в ведении хозяйства;
- ИПТО<sub>N</sub> - наименование модели ПТО<sub>N</sub> типового ПТО;
- СО<sub>N</sub> - спецификация оборудования типового ПТО<sub>N</sub>;
- ПРО<sub>N</sub> - план расстановки оборудования, СРТ<sub>N</sub> - схема расстановки обслуживаемых тракторов и СОТ<sub>N</sub> - схема обслуживания тракторов на типичном ПТО<sub>N</sub> соответственно;
- РМТ - множество (регистр) марок обслуживаемых тракторов;
- КАТК - альбомы технологических карт обслуживания тракторов (по каждой марке - свой альбом);
- РНО - регистры (ведомости) необходимого оборудования;
- РНП - регистры необходимых приспособлений;
- РСМИ — регистры слесарно-монтажных инструментов;
- РКИП - регистры контрольно-измерительных приборов;
- РРМ, НРМ - регистры расходных материалов и нормативы их затрат;

- НЗВ - данные по нормативам затрат времени на выполнение операций обслуживания тракторов;
- КСИР - сведения о квалификационном составе исполнителей работ по обслуживанию тракторов.

В случае выполнения работ по обслуживанию тракторов предприятиями технического сервиса данный набор информации несколько изменится. Так как в данной работе в большей мере рассматриваются приемы информационного обеспечения процессов обслуживания тракторов на уровне отдельного предприятия, такой набор здесь не обсуждается.

### **3.2.1 Методика формирования основных блоков в виде набора однотипных и единых составляющих**

Информационная структура каждого из однотипных блоков в работе представляется в виде:

$$M_1, I_1, C_1; M_2, I_2, C_2; \dots, M_N, I_N, C_N; \quad (3.1)$$

где  $M_1, M_2, \dots, M_N$  - метки входа в блок для доступа к 1-му, 2-му, ..., N-му составляющему блока;  $I_1, I_2, \dots, I_N$  - наименования 1-го, 2-го, ..., N-го составляющих блока;  $C_1, C_2, \dots, C_N$  - содержания 1-го, 2-го, ..., N-го составляющих блока.

Заметим, что метки входа  $M_1, M_2, \dots, M_N$  в блок будут использоваться для маневрирования внутри блока.

В качестве методического примера рассмотрим формирование блока, обеспечивающего пользователя сведениями об оборудовании и оснастке, используемой в процессе технического обслуживания тракторов [58].

Данный блок формируется из описаний объектов в виде установок, устройств, приспособлений, на которые даются ссылки в технологических картах и инструкциях, применяемых при проведении операций технического обслуживания рассматриваемых марок тракторов. Наряду с технологическими картами технического обслуживания в руководствах по

технической эксплуатации тракторов приводятся технологические карты их диагностирования [85, 102, 103] также с указанием необходимых устройств и приспособлений, что также отражается в данном блоке.

В виду многообразия рассматриваемых объектов с целью повышения удобства получения информации при формировании блока применимы приемы обобщения и группирования. Исходя из этого, в начале блока располагается список групп объектов, по которым представлена информация. Затем по каждой группе объектов (компонентов) приводится список (регистр) их марок, типоразмеров или моделей, и от каждого из них следует гиперссылка на информационную компоненту с описанием соответствующего объекта. Каждое приспособление, установка в данном блоке имеет свое обозначение в виде кода точки входа в блок по гиперссылке. В результате такого формирования блока пользователь может легко усмотреть наличие искомой информации об интересующем его объекте и непосредственно перейти к его просмотру. Кроме того, облегчается процесс модификации и корректировки представленного блока.

По описанной схеме формируется информационное содержание таких блоков, как «Пункты технического обслуживания», «Оборудование и оснастка», «Инструменты и. приборы», «Топливно-смазочные и расходные материалы», «Нормы расхода и затрат ресурсов», «Предприятия ресурсного обеспечения».

Если основной блок характеризуется некоторой монолитностью, целостностью информационного материала, то приведенные выше методические приемы их формирования требуют определенной модификации. Так, блоки, составленные в виде описания конструкции трактора, представляют определенную структурную целостность.

Блок «Обслуживаемые тракторы» формируется из материалов, которые содержат сведения об устройстве (конструкции) обслуживаемых марок тракторов. Данный блок представляется в виде следующих компонентов информации по описанию: двигателя; трансмиссии; карданной

передачи; несущей системы; тормозной системы; гидросистемы управления поворотом трактора и рабочим оборудованием; рабочего оборудования; электрооборудования; рабочего места; общих сведений об обслуживаемых тракторах

Каждый из указанных компонентов блока, в свою очередь, состоит из нескольких составляющих. Формирование компонентов внутри блока рассмотрим на примере двигателя. Двигатель представляется в виде следующих составляющих: двигатель в сборе, корпус, кривошипно-шатунный механизм, газораспределительный механизм, смазочная система, система питания, система охлаждения, система предпускового обогрева, система пуска.

На первом этапе сформируются составляющие, входящие в компоненты блока. На втором этапе составляется «словарь» - наименования составляющих, входящих в компоненты блока. Компоненты и его составляющие имеют код (обозначение), с помощью которого можно осуществить переход к просмотру интересующего компонента информации по гиперссылке. Затем разрабатывается своеобразная (минимальная по объему) база данных по всем составляющим каждой компоненты. Приводится описание с соответствующими рисунками, схемами по всем рассматриваемым маркам тракторов. Аналогично формируются все остальные компоненты рассматриваемого блока. На последнем этапе проверяется правильность переходов внутри каждой компоненты, а также работа всего блока в целом.

Процессы, обеспечивающие корректную работу указанных блоков, включают следующие процедуры:

а) Сбор и формирование информации из различных публикаций, обработка этой информации и представление ее в приемлемом виде:

- 1) Приводи(я)тся рисунок/и и спецификации приборов/устройств/объектов.
- 2) Расшифровываются аббревиатуры.

3) Корректируется терминология с целью сведения ее к единой.

б) Обеспечение вывода информации для принятия решения при проведении технического обслуживания на любом этапе.

в) Формирование обратной связи - после получения необходимой информации возврат в начало блока или в текущую точку нахождения в информационной системе.

### **3.2.2 Представление информации блока «Операции технического обслуживания**

В блоке «Операции технического обслуживания» представляются все операции по техническому диагностированию и по техническому обслуживанию в единой совокупности в виде единого технологического процесса.

Определены следующие основные компоненты блока (группы операций):

- операции ежедневного обслуживания;
- операции ТО-1;
- операции ТО-2;
- операции ТО-3;
- операции сезонного ТО при переходе к осенне-зимнему периоду эксплуатации СТО-ОЗ;
- операции сезонного ТО при переходе к весенне-летнему периоду эксплуатации СТО-ВЛ;
- общие сведения о системе ТО.

Содержание материалов по каждой компоненте отражает специфику предметной области. Исходными данными для формирования блока являлись:

- виды технического обслуживания тракторов
- операции, предусмотренные по техническому диагностированию;
- операции, предусмотренные по техническому обслуживанию;

- требования к выполнению операций;
- технологические карты по техническому диагностированию;
- технологические карты по техническому обслуживанию;
- порядок (последовательность) выполнения операций.

При оперировании информацией данного блока в СИОТОТ необходимо предусмотреть возможность выбора одной из групп операций, в зависимости от конкретной ситуации по обслуживанию определенного трактора с учетом его марки.

В СИОТОТ различаются следующие группы операций обслуживания:

- операции ежедневного обслуживания - ЕО
- операции ТО-1 – ТО1
- операции ТО-2 - ТО2
- операции ТО-3 - ТОЗ
- операции сезонного ТО при переходе к осенне-зимнему периоду эксплуатации СТО-ОЗ - ОЗ
- операции сезонного ТО при переходе к весенне-летнему периоду эксплуатации СТО-ВЛ- ВЛ

Внутри группы приводится перечень операций обслуживания, помешанный в виде строк первой колонки таблицы.

Каждой операции в технологической карте присваивается обозначение в виде цифрового или буквенного кода, необходимые для перехода к просмотру информации о приемах выполнения определенной операции.

На первом этапе разработки информационной системы основное внимание необходимо уделять многоуровневому представлению информации блока «Операции технического обслуживания», являющемуся определяющим в рассматриваемой информационной системе.

Операции по обслуживанию тракторов проводятся с применением устройств, стендов, приспособлений, инструментов, материалов и т.д., поэтому в технологических картах предусмотрены переходы в виде гиперссылок к информации по интересующим объектам, представленных в соответствующих блоках.

Процессы, обеспечивающие корректную работу указанных блоков, состоят из тех же процедур, что и выше. В дополнение к ним:

- а) Исключаются дублирующие операции и объединяются одинаковые приемы их выполнения.
- б) Обеспечивается полнота описаний операций обслуживания.
- в) Компонуются в таблицы перечень операций по видам технического обслуживания по рассматриваемым маркам тракторов.
- г) Конкретизируются контролируемые и диагностируемые данные применительно к рассматриваемым моделям тракторов.
- д) Конкретизируются выполнение операций применительно к рассматриваемым моделям трактора.

В дополнение к сказанному устанавливается взаимосвязь с другими блоками данной информационной системы, а именно блоком «Инструменты и приборы», «Оборудование и оснастка», и путем формирование гиперссылок в нужных местах блока.

Реализуется маневрирование по информации блока по схеме: вид технического обслуживания, операции по техническому обслуживанию, операции по техническому диагностированию, технологические карты по диагностированию и техническому обслуживанию.

### **3.3 Разработка программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования остаточного ресурса основных узлов и агрегатов тракторов**

#### **3.3.1 Разработка информационных средств прогнозирования**

Для организации вычислительных работ на ПК по каждой марке трактора заводится отдельный файл, принятый в электронной таблице называть книгой [32, 56]. Книге целесообразно присвоить то же наименование, что и марка трактора. Для указанных выше таблиц в каждой книге соответственно отводится лист, названный «Тракторы».

Для удобства и рациональной организации расчетных процедур необходимо формировать несколько таблиц. Предварительное заполнение необходимых сведений таблиц производит уполномоченный на то специалист сервисной организации, в ведении которой находится данная программно-алгоритмическая система. Затем эти сведения вводятся в ПК в специально сформированные формы, имеющие первоначально тот же вид, что и приведенные таблицы. Затем в них производятся определенные изменения, описываемые несколько ниже.

Опишем кратко указанные таблицы и организацию информационных связей между ними.

Таблица «Свод учитываемых тракторов» (см. таблицу 2.1) содержит наименования марок тракторов, информация о которых будет поддерживаться рассматриваемой системой. Во вторую колонку заносят число обслуживаемых информационной системой тракторов по каждой их марке. Каждой марке трактора отводится отдельная строка таблицы.

Основную информацию по прогнозированию необходимо сконцентрировать в книгах, формируемых по маркам тракторов. Поэтому в каждой строке таблицы формируется гиперссылки, с помощью которых можно было бы осуществлять автоматизированный переход к информации по конкретной марке трактора. С этой целью форма таблицы 2.1 дополняется колонкой «Переход к книгам тракторов», в соответствующих ячейках которой указываются такие гиперссылки.

При использовании электронной таблицы [32] в качестве программной среды (описываемое ниже в основном ориентировано на нее) условимся, что для данной таблицы отводится отдельный файл, принятой в электронной

таблице называть книгой. Назовем ее для определенности книгой «Прогноз». Данная книга включает в себя только один лист с указанной таблицей.

Рассмотрим теперь содержание книг по маркам тракторов. Первый лист книги с условным названием «Тракторы» содержит данные, приведенные в таблице «Сведения об обслуживании тракторов» (таблица 2.2). Другие листы книги названы «Справочник параметров состояний агрегатов и узлов трактора», «Мод1\_1», «Мод1\_2», ..., «Мод1\_№». Лист «Справочник параметров состояний агрегатов и узлов трактора» содержит данные таблицы (таблица 2.3) и также является общим для всех экземпляров трактора данной модели. Листы «Мод1\_1», «Мод1\_2», ..., «Мод1\_№» отводятся для формирования и сохранения информации, в т.ч. и текущей, по результатам диагностирования отдельного экземпляра трактора. Здесь символами вида «Мод1» обозначена 1-я марка трактора, а числа<sup>^</sup> стоящие после символов - условные номера экземпляров 1, 2, , N трактора данной модели. Это означает, что формируется столько листов с наименованиями, сколько экземпляров трактора данной марки.

В качестве дополнения к таблице 2.2 в форму листа «Справочник параметров состояний агрегатов и узлов трактора» заводится колонка «Переход к экземплярам тракторов». В ячейках данной колонки формируются гиперссылки соответственно *для* I перехода к листам книги, отведенным указанным экземплярам трактора определенной марки.

Информационно каждый из листов «Мод1\_1», «Мод1\_2», «Мод1\_1ЧГ» содержит таблицу «Данные по состоянию обслуживаемого трактора» (таблица 2.4). Рассмотрим теперь информацию, которой необходимо оперировать в процессе расчетов по прогнозированию. Заметим, что эта информация будет размещаться в тех же книгах, которые указывались выше по каждой марке трактора. Поэтому это в дальнейшем особо не оговаривается.

Таблицы «Сведения об обслуживании тракторов» заводятся по каждой марке трактора в отдельности (в данном случае - по трем моделям). Марка

трактора в таблице записывается в место, указанное в виде «Марка Т». Таблицы содержат индивидуальные сведения о тракторах, включенных в сферу обслуживания данной системой.

При поступлении трактора на пункт обслуживания заполняется информация, представленная в виде таблицы «Данные по состоянию обслуживаемого трактора». В частности, в ней заполняются дата поступления, марка трактора и его хозяйственный номер, наименование хозяйства или подразделения, к которому принадлежит трактор, сервисная организация, а также наработка от начала эксплуатации. В таблице представляются заполненными также первые две колонки, для чего используются имеющаяся в памяти ПК информация из ранее описанных таблиц.

Первая колонка (агрегат, узел, кинематическая пара) представляется в виде текста. Затем во 2-ю колонку данной таблицы применительно к рассматриваемому агрегату, узлу, кинематической паре соответственно в каждую строку заносятся наименования параметров состояния трактора соответственно. Далее заполняются колонки с данными о номинальных  $\Pi_n$  и предельных  $\Pi_p$  значениях указанных параметров. В колонку в соответствии с рассматриваемыми параметрами состояний заносят показатели степени функции изменения параметра  $a$ , фигурирующего в вышеприведенных соотношениях.

По результатам диагностирования мастер-диагност заполняет последнюю колонку таблицы - «Значение параметра по результатам диагностирования».

Кроме данных о наработке тракторов, в информационной системе отслеживаются также сведения, зафиксированные по результатам проведенных диагнозов. Они накапливаются в таблице 2.5 «Регистрация данных диагностирования трактора».

Первые три колонки содержат рассмотренные выше сведения с целью идентификации трактора и параметров его состояния.

Содержание сведений последующих трех колонок по структуре и по способу формирования аналогично сведениям 1-й, 2-й и 6-й колонок предыдущей таблицы. Как и в той таблице, используется тот же самый прием формировании первоначальных значений в виде нулевых и пошагового их обновления по мере получения фактических данных. Отличие заключается в том, что здесь рассматриваются не наработки трактора, а результаты диагностирования трактора в разрезе учитываемых параметров его состояния, фиксируемых в соответствующих строках.

В качестве переменных 6-й колонки фиксируются результаты вычислений оценки остаточного ресурса по параметрам состояния трактора, а в последнюю колонку записываются результаты сопоставления остаточного ресурса с теми нормативными, которые известны в нормативах.

На последнем этапе из компьютера выдаются результаты оценки остаточного ресурса, полученные на основе выполненных расчетов. Они оформляются в виде таблицы 2.6 «Заключения по результатам диагностирования». Данная форма выдается в отпечатанном виде трактористу и подшивается в папку сервисной организации.

### **3.4 Оценка эффективности СИОТОТ**

#### **3.4.1 Формирование блока «Операции технического обслуживания»**

Данный блок состоит из информационных компонентов, подробно характеризующих полный набор операций, которые предусмотрены по техническому диагностированию и техническому обслуживанию имеющихся в хозяйстве тракторов, включая требования к выполнению операций и порядок их выполнения, используемые при обслуживании оборудование, приборы и инструменты. В отличие от материалов, представленных в публикациях в отдельности по диагностированию и техническому обслуживанию, в данном блоке представляются все операции

в виде единого технологического процесса [59]. Информационная структура блока представлена на рисунке 3.4.

### 1-Й уровень ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ



Рисунок 3.4 - Информационная структура блока «Операции технического об.,  
служивания»

Первый уровень данного блока - общий информационный. В нем материалы представлены в виде списка компонентов, приведенных выше (рисунок 3.4). Кроме того, здесь же приводятся общие сведения о системе технического обслуживания тракторов.

Второй уровень (на рисунке 3.4) представляется как перечень операций технического диагностирования и технического обслуживания, формируемый в виде таблиц по перечисленным выше видам обслуживания

(компоненты первого уровня), в разрезе рассматриваемых марок тракторов. Третий уровень - общие требования и указания по проведению операции обслуживания. Здесь по каждой операции технического диагностирования и техническому обслуживанию приводятся технические требования и указания по их выполнению. Здесь же указываются имеющиеся в информационной системе номера технологических карт по техническому диагностированию и техническому обслуживанию, причем предусмотрены гиперссылочные средства для перехода к просмотру содержания карт. Если проводимая операция предусматривает только техническое диагностирование, то указывается только номер технологической карты по диагностированию, если же операция заключается только в техническом обслуживании, то приводится только номер карты выполнения операции по техническому обслуживанию. Когда операция включает и техническое диагностирование, и техническое обслуживание, то указываются технологические карты, как по диагностированию, так и по обслуживанию. Необходимо отметить, что операции технического диагностирования и технического обслуживания взаимоувязаны. Четвертый уровень содержит технологические карты диагностирования и технического обслуживания, в которых подробно описывается содержание и приемы проведения работ и приводятся подробные технические требования к ним. В данном блоке, кроме указанных вариантов, рассматриваются технологические процессы в разрезе каждой марки трактора, что упрощает оперирование СИОТОТ.

Специалисту по обслуживанию тракторов приходится оперировать и многими другими сведениями, которые в технологических картах рассматриваются лишь в виде ссылок или указаний их моделей или других атрибутов. К ним относятся различные устройства, стенды, приспособления, инструменты, необходимые материалы, нормативы и др. компоненты. В указанной системе представляется также уровень, который мы назвали неявным. Он предназначен для реализации подсчетов определенных

величин, обычно выполняемых вручную при диагностировании тракторов. Реализация уровня сводится к тому, что в тех местах технологической карты, где приводятся соответствующие формулы для подсчета диагностируемых или оценочных величин, предусматриваются гиперсылочные переходы к специально разработанным таблицам, содержащим вычисляемые величины и исходные данные для их подсчета, а также алгоритмические средства вычислений по указанным формулам.

### **3.4.2 Разработка блока «Прогнозирование остаточного ресурса»**

Блок «Прогнозирование остаточного ресурса» реализован на основе методических положений, изложенных выше, и представлен в виде программно-алгоритмических и информационных средств, позволяющих заменить процедуру использования номограмм компьютерными средствами. При этом информационные средства были ориентированы на условия модельного хозяйства.

Обычно в методических руководствах по прогнозированию ограничиваются рассмотрением единичных образцов определенных устройств, что не раскрывает объемность, масштабность задачи прогнозирования. Поэтому при реализации данной задачи на ПК нам необходимо было учесть эту особенность имеющихся методических руководств. В результате определенного обобщенного подхода применительно к множеству однотипных узлов или кинематических пар трактора, привело к возрастанию масштабности задачи. Скрупулезно разобраться в техническом состоянии такого множества параметров трактора и тем более провести расчеты по их прогнозированию - задача не из числа простых. Такое обстоятельство объясняет рутинную сложность задач диагностирования и соответственно прогнозирования и применение ПК для решения данной задачи весьма актуально.

Информационная структура решения задачи по оценке остаточного ресурса параметров трактора представлена на рисунке 3.5.

Вся используемая информация и программно-алгоритмические средства среды электронной таблицы [32] сконцентрированы в директории «Прогноз»..



Рисунок 3.5 - Информационная структура задачи

С помощью гиперссылок колонки «Переход к книгам тракторов» осуществляется переход к книгам, в которых содержатся данные по учитываемым тракторам с группировкой их по маркам. Заметим, что при необходимости в форму можно добавить другие модели тракторов или удалить из нее определенные модели. В этом проявляется универсальность разработанных средств. В таком случае необходимо будет соответственно удалить или добавить или удалить из пакета книгу, отведенную под рассматриваемую модель трактора.

Рассмотрим теперь информационное содержание книг по тракторам на примере модели, представленное к книге «Прогнозирование».

При первоначальном обращении к книге открывается страница (лист) «Тракторы» содержащая форму «Сведения о диагностируемых тракторах».

При поступлении трактора на пункт обслуживания и в результате его диагноза заполняется информация последней колонки таблицы - «Наработка к рассматриваемому диагностированию» в строке для обслуживаемого трактора.

Число строк (записей) в форме определяется количеством обслуживаемых тракторов данной модели. В данном случае представлена информация для пяти тракторов, как это было в рассматриваемом хозяйстве. В колонке «Переход к тракторам» приводятся гиперссылки, обеспечивающие переходы к учитываемым экземплярам тракторов данной модели.

В процессе эксплуатации можно в данную форму добавить или удалить из нее учитываемые образцы тракторов соответствующей модели. В таком случае необходимо будет соответственно удалить или добавить страницу (лист), отведенную под рассматриваемый экземпляр трактора модели, соответствующей данной книге.

Из обзора представленных форм можно усматривать, что данная задача является весьма объемной по количеству учитываемых параметров по однотипным узлам и парам. Так, только по дизелю трактора их число достигает 88.

Данный блок содержит информацию в виде справочника по параметрам состояния агрегатов и узлов тракторов. На первом этапе сформированы составляющие, по которым определяется остаточный ресурс для прогнозирования. А это, наименование агрегата, узла, кинематической пары. Каждый узел или агрегат может иметь несколько параметров состояния. Далее скомпонованы параметры состояния для каждого узла, кинематической пары. Приведена база данных номинального и предельного

значения параметра, а также показатель степени функции изменения параметра  $a$ . В составе СИОТОТ имеются аналогичные данные по трактору.

Действие пользователя сводится к следующему:

- задание даты обслуживания, марки, номера трактора и его наработки;
- распечатка формы с данными для записи результатов диагностирования;
- ввод в ПК результатов диагностирования трактора;

### **3.4.3 Оценка эффективности применения СИОТОТ**

Под эффективностью в общем случае понимается степень соответствия системы поставленным перед ней целям. Экономическая эффективность - это мера соотношения затрат на разработку, внедрение, эксплуатацию и модернизацию системы и прибыли от ее применения. При оценке эффективности технологии используют обобщающие и частные показатели.

При экономической оценке законченных НИР, разработанных технологий в первую очередь учитывают: прибавки урожайности и повышение продуктивности, прирост производства валовой продукции в хозяйствах и улучшение её качества, увеличение производительности и снижение затрат труда на единицу продукции или на производственную единицу, снижение себестоимости, а также годовой экономический эффект [81].

При расчёте экономической эффективности наиболее востребованными показателями являются трудовые, стоимостные и срок окупаемости разработок. Данные показатели позволяют измерить экономию от внедрения предлагаемых разработок по сравнении с базовым вариантом [35, 81, 82].

Экономическая эффективность разработок (Э) складывается из двух составляющих:

- 1) Прямого эффекта, который характеризуется снижением трудовых, стоимостных показателей.
- 2) Косвенного эффекта, который характеризуется увеличением прибыли, привлечением большего числа клиентов, снижением уровня брака в производстве, уменьшением количества рекламаций клиентов, снижением затрат на сырье и материалы, уменьшением сумм штрафов, неустоек и пр.

Рассмотрим первую составляющую применительно к СИОТОТ.

К трудовым показателям относятся:

- 1) Абсолютное снижение трудовых затрат при проведении операций технического обслуживания

$$\Delta T = T_B - T_H, \quad (3.1)$$

где  $T_B$  - трудовые затраты при проведении технического обслуживания по базовому варианту, чел/час, т.е. без применения СИОТОТ;  $T_H$  - то же по предлагаемому варианту, чел/час. (с применением СИОТОТ).

- 2) Коэффициент относительного снижения трудовых затрат:

$$K_T = \Delta T / T_B \times 100\%. \quad (3.2)$$

- 3) Индекс снижения трудовых затрат:

$$I_{TJ} = T_B / T_H \quad (3.3)$$

Из материалов главы 2 следует, что основными аспектами сокращения трудовых затрат от применения СИОТОТ будут фигурировать сокращения затрат времени пользователя:

- на оперирование инструктивными сведениями по устройству и обслуживанию трактора при осуществлении поиска нужных фрагментов информации в текстах инструкции или других источниках для их обозрения;
- на поиск информации по рациональной настройке и использованию сведений об устройствах стендов, приспособлений, инструментов, об используемых материалах, о нормативных данных и др.;

- на оперирование представленными компонентами информации, за счет многоуровневого представления этой информации;
- на конкретизацию технологических карт технического обслуживания и диагностирования трактора;
- на расчеты параметров остаточного ресурса основных узлов и агрегатов трактора, а также на расчеты диагностических параметров на основе реализации программно-алгоритмических средств и сформированных информационных компонентов;
- на актуализацию сведений о предприятиях, располагающихся ресурсами для проведения операций обслуживания тракторов.

Обсуждение перечисленных направлений сокращения затрат времени со специалистами АПК, а также проведенными исследованиями позволили прийти к выводу о том, что можно ожидать их суммарного сокращения времени на каждую выполняемую операцию обслуживания в пределах 3-5 минут. С учетом коэффициента использования информации при обслуживании трактора, равном 0,5 имеем сокращение времени 1,5-2,5 минуты.

Трактор за календарный год имеет среднюю наработку в размере 1200 моточасов. В соответствии с этим над ним проводится ТО-1 - 7,2 раз, ТО-2 - 1,2 раза и ТО-3 - 1,2 раза. Тогда с учетом числа операций ТО и ТД, выполняемых по видам обслуживания, получим общую экономию времени  $\Delta T$  в размере:

$$\Delta T = 1,75(N_1 \times 7,2 + N_2 \times 1,2 + N_3 \times 1,2 + 2N_c), \quad (3.4)$$

где  $N_1, N_2, N_3, N_c$  - число операций обслуживаний при ТО-1, ТО-2, ТО-3 и ТОС видах обслуживаний соответственно.

Число операций обслуживания по ТО и ТД составляют:  $N_1 - 30, N_2 - 61, N_3 - 127, N_c - 20$ . Расчеты показали, что будем иметь экономию времени  $T - 843$  минуты или 14,3 часа на один трактор в год.

К стоимостным показателям относятся:

1) Абсолютное снижение затрат на техническое обслуживание и качественное выполнение операций обслуживания трактора

$$\Delta Z = Z_{СУМБ} - Z_{СУМН} \quad (3.5)$$

где  $Z_{СУМБ}$  – затраты на техническое обслуживание и качественное выполнение операций обслуживания трактора по базовому варианту, (руб.);  $Z_{СУМН}$  - то же в предлагаемом варианте, (руб.).

2) Коэффициент относительного снижения затрат на техническое обслуживание и качественное выполнение операций обслуживания трактора

$$K_3 = \Delta Z / Z_{СУМБ} \times 100\%. \quad (3.6)$$

3) Индекс снижения затрат на техническое обслуживание и качественное выполнение операций обслуживания трактора

$$I_{3j} = Z_{СУМБ} / Z_{СУМН}. \quad (3.7)$$

Основными факторами, обеспечивающими снижение стоимостных показателей  $\Delta Z$  (за счет технологического эффекта), являются:

- повышение качества выполнения операций обслуживания в результате оперирования специалистами инженерно-технической сферы более полными информационными компонентами в ходе выполнения ТО;

- реализация более рациональных и корректных приемов взаимной увязки операций ТО и ТД, в т.ч. корректный выбор приемлемой технологической карты при выполнении определенной операции обслуживания;

- более точная оценка прогнозируемых параметров состояния основных узлов и агрегатов трактора.

Перечисленные факторы приведут к снижению годовых затрат на техническое обслуживание тракторов (уменьшение износа узлов и деталей, увеличение межремонтного срока работы трактора и пр., снижение расхода запасных частей и общего количества ремонтов), затрат на топливо и

картерное масло, повышению годовой выработки трактора и к другим эффектам. Однако корректный учет указанных факторов требует специальных и более углубленных исследований, что может стать темой самостоятельной работы. Поэтому принято решение, что стоимостные показатели будем рассматривать лишь на основе учета времени пребывания трактора на пункте ТО и эффекта от своевременного и качественного выполнения операций технического обслуживания. Безусловно, при этом ожидаемый эффект будет оценен не в полном объеме.

Годовой экономический эффект от разработки и внедрения технологии служит для сравнения различных направлений капитальных вложений и рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \Pi - K \times E_h, \quad (3.8)$$

где  $\mathcal{E}$  - годовой экономический эффект;

$\Pi$  - годовая экономия (годовой прирост прибыли), руб.;

$K$  - единовременные капитальные затраты, руб.;

$E_h$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (значение  $E_h$  принимается равным 0.15).

Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений  $E_p$  определяется по формуле:

$$E_p = \Pi / K \quad (3.9)$$

Срок окупаемости  $T_{OK}$  представляет собой период времени (в годах), в течение которого капитальные затраты на разработку технологии полностью окупятся, и рассчитывается по формуле:

$$T_{OK} = K / \Pi. \quad (3.10)$$

Годовая экономия  $\Pi$  рассчитывается по формуле:

$$\Pi = Z_B - Z_H, \quad (3.11)$$

где  $Z_B$  - приведенные к одному году затраты на выполнение технического обслуживания а также затраты, связанные с простоями и качеством выполнения работ в базовом варианте.

$Z_H$  - среднегодовые затраты на выполнение технического обслуживания а также затраты, связанные с простоями и качеством выполнения работ по предлагаемому варианту.

Стоимостные затраты по вариантам включают в себя приведенные затраты на выполнение технического обслуживания, а также затраты, связанные с простоями на пункте ТО и эксплуатацией тракторов [81] (качество работ по техническому обслуживанию), определяются по формуле:

$$Z_{\text{СУМ}} = Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{ПР}} + Z_{\text{У}}, \quad (3.12)$$

где  $Z_{\text{СУМ}}$  - суммарные приведённые затраты в сравниваемых вариантах, руб.;

$Z_{\text{ТО}}$  - приведенные затраты на техническое обслуживание на пункте ТО, руб.;

$Z_{\text{ПР}}$  - затраты, связанные с простоями машин во время технического обслуживания, руб.;

$Z_{\text{У}}$  - затраты на ущерб от качества и своевременного выполнения операций обслуживания, руб.

Расчёт экономической эффективности будем производить применительно к обслуживанию тракторов хозяйства за год.

Для расчета экономической эффективности от использования разработанной технологии с применением СИОТОТ возьмём за базовую технологию оборудование и документацию, которая имелась в настоящее время для проведения технического обслуживания тракторов.

Приведенные затраты на техническое обслуживание на пункте ТО при применении СИОТОТ уменьшаются за счет сокращения времени пребывания трактора на пункте технического обслуживания. К ним относятся затраты на освещение, вентиляцию, отопление и амортизацию ПТО. В виду незначительности последний показатель в расчетах не учитывается.

Для определения затрат на проведение технического обслуживания можно воспользоваться формулой [35]:

$$З_{то} = С_{зп} + С_{зч} + С_{рм} + С_{э}, \quad (3.13)$$

где  $\sum C_{то}$  - сумма текущих затрат на проведение технического обслуживания на пункте ТО, руб.;

$C_{зп}$  - заработка производственным рабочим, руб.,

$C_{зч}$  - затраты на запасные части, руб.,

$C_{рм}$  - затраты на расходные материалы, руб.,

$C_{э}$  - затраты на электрическую, тепловую энергию.

Затраты, связанные с простоями тракторов во время проведения технического обслуживания, определяются по формуле [35]:

$$З_{пр} = С_{пр} \times t_{пр}, \quad (3.14)$$

где  $C_{пр}$  - стоимость часа простоя трактора данной марки, руб.;

$t_{пр}$  - продолжительность простоя, ч,

К затратам при эксплуатации в хозяйстве тракторов относятся затраты, связанные с качеством работ по техническому обслуживанию, прежде всего своевременностью и соблюдением плановых операций [81]. За основу принята формула:

$$З_y = 0,1 C_{TP} W (K_{y1} + K_{y2} + K_{y3} + \dots + K_{yi}) \quad (3.15)$$

С корректировкой коэффициента 0,1 на 0,3, принятой в хозяйстве, формула (4.15) примет вид:

$$З_y = 0,3 \times С_{пр} \times W (K_{y1} + K_{y2} + K_{y3} + \dots + K_{yi}), \quad (3.16)$$

где  $Z_y$  - затраты на ущерб от использования трактора с выявленными нарушениями правил технического обслуживания и качеством выполнения операций обслуживания (в руб.);

$C_{TP}$  - коэффициент перевода физического трактора в условный эталонный. Для трактора А имеем  $C_{TP} = 2,20$ , для —  $C_{TP} = 2,70$ ;

$W$  - наработка трактора за период его использования с выявленными нарушениями правил ТО, мото-ч;

$K_{y_1}, K_{y_2}, K_{y_3}, \dots, K_{y_i}$  - коэффициенты, учитывающие влияние  $i$ -ой операции на величину ущерба.

При разовом выявлении нарушений правил обслуживания наработка трактора  $W$  принимается равной периодичности операций ТО. Если имеются нарушения нескольких операций с разной периодичностью, то наработка принимается равной наибольшей из них.

При проверке выявлялось наличие признаков, характеризующих нарушение правил технического обслуживания в хозяйстве. Значения для показателей также получены:

- из технической документации;
- из информационных источников;
- путем статистических наблюдений и/или вычислений. Стоимость СИОТОТ вместе с компьютером составляет 30000 руб. Данные для расчёта приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Данные для расчёта экономической эффективности

$T_B$ , чел/час.	$T_h$ , чел/час.	$Z_{TOB}$ руб.	$Z_{TON}$ руб.	$Z_{PRB}$ руб.	$Z_{PRH}$ руб.	$Z_{UB}$ , руб.	$Z_{UN}$ руб.
78,63	64,33	4750	4340	5685	5047	6744	3480

Продолжение таблицы 3.6

$Z_{SUBM}$ руб.	$Z_{SUMN}$ руб.	$K$ , руб.	$Z_B$ , руб.	$Z_h$ , руб.
17179	12867	30000	205447	161111

Здесь:

$T_B$  - трудовые затраты при проведении технического обслуживания по базовому варианту за год, чел/час;

$T_h$  - то же по предлагаемому варианту, чел/час. (с применением СИПТОТ);

Зтоб - приведенные затраты на проведение технического обслуживания на пункте ТО на 1 трактор по базовому варианту, руб.;

Зтон - приведенные затраты на проведение технического обслуживания на пункте ТО на 1 трактор по новому варианту с применением СИОТОТ, руб.;

Зпрб - приведенные затраты, связанные с простоями тракторов во время проведения технического обслуживания на пункте ТО на 1 трактор по базовому варианту, руб.;

Зпрн - приведенные затраты, связанные с простоями тракторов во время проведения технического обслуживания на пункте ТО на 1 трактор по новому варианту с применением СИОТОТ, руб.;

Зуб - приведенные затраты на ущерб от использования трактора с выявленными нарушениями правил технического обслуживания и качеством выполнения операций обслуживания на 1 трактора по базовому варианту (нарушение нескольких операций с учетом учитывающего коэффициента при наработке 125, 500, 1000 мото-ч), руб.;

Зун - приведенные затраты на ущерб от использования трактора с выявленными нарушениями правил технического обслуживания и качеством выполнения операций обслуживания на 1 трактора по новому варианту (нарушение нескольких операций с учетом учитывающего коэффициента при наработке 125, 500, 1000 мото-ч), руб.;

Зсумб - суммарные приведённые затраты по базовому варианту на 1 трактор в год, руб.;

Зсумн - суммарные приведённые затраты по новому варианту на 1 трактор в год, руб.;

Кп - единовременные капитальные затраты по предлагаемому варианту (рыночная стоимость оборудования с документацией), руб.

Зб - приведенные к одному году затраты на выполнение технического обслуживания а также затраты, связанные с простоями и качеством выполнения работ - базовом варианте, руб.;

$Z_h$  - среднегодовые затраты на выполнение технического обслуживания а также затраты, связанные с простоями и качеством выполнения работ по предлагаемому варианту, руб.

Расчет годовой экономии  $\Pi$  по формуле (4.11) дает:

$$\Pi = Z_B - Z_h = 205447 - 161111 = 44336 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект по формуле (4.8) составляет:  $\mathcal{E} = \Pi - K \times E_h = 44336 - 30000 \times 0,15 = 49836$  руб.,

Экономическая эффективность из расчёта на техническое обслуживание одного трактора в год составит:

$$\mathcal{E} = \Pi - K \times E_h / 8 = 49836 / 8 = 6979,5 \text{ руб.}$$

Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений:

$$E_p = \Pi / K = 44336 / 30000 = 1,48.$$

Так как полученное значение больше нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений  $E_h$ , капитальные затраты можно считать целесообразными.

Срок окупаемости составит:

$$T_{ok} = K / \Pi = 30000 / 44336 = 0,7 \text{ года.}$$

Расчётные значения показателей эффективности от внедрения СИОТОТ приведены в таблице 3.7.

Таблица 4.6 - Показатели эффективности использования СИОТОТ

$\Delta T$	$\Delta Z$	$I_{Tj}$	$I_{3j}$	$K_t, \%$	$K_3, \%$	Ток, год
14,3	7624	1,2	1,6	18	40	0,7

Применение СИОТОТ для тракторов типа позволяет сэкономить времени на 14,3 часа на один трактор за счёт сокращения времени поиска необходимой информации, проведение подготовительных операций и

постановку диагноза по остаточному ресурсу, что снизит трудоёмкость операций обслуживания в 1,2 раза. В результате расчёта экономической эффективности применения СИОТОТ получена экономия от снижения затрат на выполнение технического обслуживания, затрат, связанных с простоями на пункте ТО и эксплуатацией тракторов (качество выполнения работ по техническому обслуживанию) в размере 6979,5 рублей на обслуживание одного трактора в год. Для среднего хозяйства с парком из 28 тракторов экономия составит 69836 рублей в год.

## **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Проведен содержательный анализ процессов технического обслуживания, на основе которого сформулированы исходные предпосылки и обоснованы требования к системе информационного обеспечения технического обслуживания тракторов.

2. Разработана информационная модель системы технического обслуживания тракторов (СТОТ), представляющая из себя формализованное описание объектов и процессов технического обслуживания тракторов в регионе с учетом их иерархической структуры. С ее использованием определены основные блоки СИОТОТ и взаимосвязи между ее блоками.

3. Сформированная СИОТОТ состоит из блоков: «Пункты технического обслуживания», «Операции технического диагностирования и технического обслуживания», «Прогнозирование остаточного ресурса», «Оборудование и оснастка», «Инструменты и приборы», «Топливно-смазочные и расходные материалы», «Нормы расхода и затрат ресурсов», «Обслуживаемые тракторы», «Хронология состояний тракторов», «Предприятия ресурсного обеспечения». Каждый блок отличается уровнями детализации в зависимости от целостности и содержания информационного материала и специфики предметной области, разработан как автономный, но

может быть использован и как компонент в составе других информационных систем; Для использования основных блоков СИОТОТ и их компонентов на ПК сформирована файловая структура информационной базы.

4. Разработаны и реализованы в среде электронной таблицы программно-алгоритмические и информационные средства (ПАИС) автоматизированного решения задач прогнозирования остаточного ресурса на примере дизеля и оценки ряда диагностируемых параметров тракторов (Только по дизелю трактора их число равно 88).

5. Экономическая эффективность применения СИОТОТ складывается от снижения трудовых и стоимостных показателей. Сокращение времени поиска необходимой информации составит 14,3 часа на один трактор в год, а трудоёмкость операций обслуживания уменьшится в 1,2 раза. Затраты на выполнение технического обслуживания с использованием СИОТОТ, с учетом повышения качества операций обслуживания, снижаются на 6979,5 рублей в год на один трактор. Для хозяйства со средним парком из 28 тракторов типичный годовой экономический эффект составит 69836 рублей.

6. Разработанные научно-методические положения по созданию СИОТОТ для тракторов типа могут быть использованы при построении аналогичных информационных систем применительно к другим моделям тракторов.

7. Разработана программа для помощи в проведении ТО. Программа создана на языке C++. Принцип работы показан в Приложении А

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Аллилуев, В.А. Техническая диагностика тракторов и сложных сельскохозяйственных машин на индустриальной основе : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Аллилуев Валерий Александрович. - Л., 1984. - 23 с.
2. Аллилуев, В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин. -М.: Агропромиздат, 1999. - 367 с.
3. Альт, В.В. Информационное обеспечение в инженерной сфере АПК Сибири / В.В. Альт // Машино-технологическое и сервисное обеспечение сельхозтоваропроизводителей Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. ВАСХНИЛ А.И. Селиванова (п. Краснообск, 9-11 июня 2008 г.). - Новосибирск, 2008. - С. 40 - 47.
4. Альт, В.В. Информационные технологии как фактор повышения эффективности агропромышленного комплекса / В.В. Альт // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 4-ой междунар. науч.-практ. конф. «АГРОИНФО-2009» / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние, Сиб. Физико-техн. ин-т аграр. проблем. - Новосибирск, 2009. - С. 47-57.
5. Альт, В.В. Контроль и управление параметрами тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: автореф. дис.... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Альт Виктор Валентинович. - Новосибирск, 1995. - 27 с.
6. Аранов, Э.Л. Ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственной техники за рубежом / Э.Л. Аранов, Е.И. Чудин. - М.: ЦНИИТЭИ, 1990. - 40 с.

7. Бараш, А.С. Комплексная система ТО и ремонта машин в сельском хозяйстве / А.С. Бараш, А.С. Гальперин, В.М. Михлин [и др.]. Часть 1. - М.: ГОСНИТИ, 1995.-143 с.
8. Басов, А.В. Современное состояние механизации сельского хозяйства в США / А.В. Басов. - М.: ЦИНТИМАШ, 1989. - 285 с.
9. Бельских, В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники / В.И. Бельских. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1990. - 575 с.
10. Вельских, В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностирования тракторов / В.И. Вельских. - М.: Россельхозиздат, 1996. - 399 с.
11. Бердникова, Р.Г. Информационная модель технического обслуживания и диагностики тракторов / Р.Г. Бердникова, А.М.Криков // Современные достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве, экономике: сборник трудов региональной научно-практической конференции. - Томск: ТСХИ, 2011.-С. 161-165.
12. Бойко, Ю.Ф. Исследование и обоснование технического процесса ТО тракторов сельскохозяйственного назначения (на примере трактора Т-40А). - авт- тореф. дис.... канд. техн. наук : 05.20.03 /Ю.Ф. Бойко. -М., 1986. - 22 с.
13. Борисова, Л.В. Повышение эффективности функционирования уборочных машин на основе моделей экспертных знаний : автореф. дис.... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Борисова Людмила Викторовна. - Ростов н/Д., 2007. - 35 с.
14. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. - М.: Колос, 1983. - 195 с.
15. Веденяпин, Г.В. Научные основы и методика построения системы технического ухода за тракторами : автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.20.03 / Г.В. Веденяпин. -М., 1985. - 36 с.

16. Воронин, Д.М. Организация обслуживания машины в первичных подразделениях на основе оперативного контроля / Д.М. Воронин, П.В. Привалов // Научн. техн. бюл. ВАСХНИЛ. - Вып. 11.- Новосибирск, 1985. - С. 22-27.
17. Гаранин, Г.Б. Структура технического обслуживания трактора Т-4А с учетом годовой наработки / Г.Б. Гаранин, К.У. Сатаров // Совершенствование конструкций, эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники. - Ульяновск, 1999.-С. 49-52.
18. Гиберт, А.И. Методы оценки технического состояния механизмов мобильных машин с применением информационных технологий: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.20.03 / Гиберт Альфред Иванович. - Новосибирск, 2008. - 58 с.
19. Гипертекстовые базы знаний по сельскохозяйственным механизированным системам. Концептуально-методологические основы построения: метод. рекомендации / А.М. Криков, В.Л. Мартынова [и др.]. - Новосибирск : СиБИМЭ, 2008. - 120 с.
20. Голиченко, В.И. Целесообразность очередного диагноза и определения остаточного ресурса составных частей машин / В.И. Голиченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1996. - № 3. - С. 3-5.
21. Горячkin, В.П. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин /В.П. Горячкина. -М.: Знание, 1973. - С. 17-51.
22. ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. - М. : Изд-во стандартов, 1980. - 11 с.
23. ГОСТ 20760-75 Техническая диагностика. Тракторы. Параметры и качественные признаки технического состояния. - М.: Изд-во стандартов, 1975. - 12 с.
24. ГОСТ 20793-86 Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. -М.: Изд-во стандартов, 1987. - 17 с.

25. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 13 с.
26. ГОСТ 22870-84. Техническая диагностика. Тракторы сельскохозяйственные. Правила диагностирования. -М.: Изд-во стандартов, 1984. - 8 с.
27. ГОСТ 25044-81 Диагностирование автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных и дорожных машин. Основные положения. - М. : Изд-во стандартов, 1982. - 9 с.
28. Гунер, Л.И. Разработка метода оптимизации структуры и состава системы специализированного технического обслуживания комбайнов в уборочно- транспортных комплексах: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.20.03 / Гунер Леонид Исакович. - Новосибирск, 1991. - 25 с.
29. Данилевский, Ю.Г. Информационная технология в промышленности / Ю.Г. Данилевский, И.А. Петухов, В.С. Шибанов. - Л.: Машиностроение, 1988.
30. Димитров В.П. Совершенствование методов технического обслуживания зерноуборочной техники на основе экспертных систем : автореферат дис.... д-ра тех. наук : 05.20.03 / Димитров Валерий Петрович. - Зеленоград, 2009. - 38 с.
31. Додж, М. Эффективная работа с Microsoft Excel 2000 / М. Додж, К. Стинсон. - СПб: Питер, 2009. - 1056 с.
32. Дринча, В.М. Диагностирование систем и агрегатов АТС с помощью ЭВМ / В.М. Дринча, Н.И. Мошкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2007.-№7.-С. 45.
33. Дружинин, В.В. Проблемы системотологии / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов. - М.: Сов. радио, 1976. - 296 с.
34. Емелин, Л.И. Определение экономической эффективности специализированного технического обслуживания. / Л.И. Емелин, В.М. Ямбаев // Техника в сельском хозяйстве.- 1988. - №12: - С. 45.

35. Жигулов, В.А. Оценка приспособленности машин к технической диагностике при государственных испытаниях / В.А. Жигулов, А.А. Яковлев // Труды Кубанского НИИТИМ. - Вып. 13. - Краснодар, 1984. - С. 21.
36. Затонский, А.В. Оптимизация модели информационной системы поддержки техобслуживания и ремонта оборудования / А.В. Затонский // Информационные технологии. - 2010. - №3. - С. 2.
37. Зеленин, В.А. Исследование технологии диагностирования при техническом обслуживании тракторных двигателей: автореф. дис.... канд. техн. наук : 05.20.03 / В.А. Зеленин - Челябинск, 1987. - 21 с.
38. Информационная технология, экономика, культура: сборник обзоров и рефератов. - М.: ИНИОН РАН, 1995.
39. Иофинов, С.А. Контроль работоспособности тракторов / С.А. Иофи- нов, Н.Н. Чевейлер. - М.: Машиностроение, 1985. - 238 с.
40. Иофинов, С.А. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка / С.И. Иофинова [и др.]; под общ. ред. С.И. Иофинова. - М.: Агропромиз- дат, 1985.-272 с.
41. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парк / С.А. Иофинов. - М.: Колос, 1974. - 480 с.
42. Исследование, совершенствование и внедрение технологии технического обслуживания тракторов: отчет о НИР ГОСНИТИ; рук. Б.И. Стрижевский. - Р009747; Инв. № Б553890. - М., 1976. - 177 с.
43. Кацыгин, В.В. Скоростные энергонасыщенные тракторы / В.В. Кацыгин, М.С. Кринко, Е.С. Мельников. - Мн.: Уражай, 1979 - 176 с.
44. Клейн, А.Т. Памятка мастера-наладчика: методические рекомендации / А.Т. Клейн, П.В. Привалов, В.М. Натарзан. - Новосибирск, 1979. - 55 с.
45. Кононогов, С.А. Поиск неисправностей дизеля СДМ-62 с применением экспертной системы: автореф дис... канд. техн. наук: 05.20.03 / Кононогов Сергей Алексеевич. - М., 1990.

46. Костенко, С.И. Эксплуатация электронных средств технического диагностирования сельскохозяйственной техники / С.И. Костенко, А.В Колчин, Ю.К. Бобков. - М.: Высшая школа, 1980. - С. 3.
47. Костин, М.С. Исследование теплового и скоростного режимов диагностирования тормозных систем колесных тракторов / М.С. Костин, Л.Б. Сегал // Сборник научных трудов / НИПТИМЭСХ Нечерноземной зоны. - Л.: НИИП- ТИМЭСХ, 1984.-С. 14.
48. Краснощеков, Н.В. О стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 - 2022 гг. / Н.В. Краснощеков, Э.И. Липкович, А.А. Артюхин, М.А. Таранов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2009. - № 11. - С. 3.
49. Криков, А.М. Требования к системе информационной поддержки технической диагностики и технического обслуживания энергонасыщенных тракторов / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Труды ГОСНИТИ. - Т. 110. -Ч. 1. - М., 2012.-С.135.
50. Криков, А.М. Информационное обеспечение диагностики и технического обслуживания тракторов./ А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Проблемы использования информационных технологий в управлении предприятиями и организациями АПК: сб. матер, международной научно-практической конференции. -Новосибирск: СибНИИЭСХ, 2010. - С. 142.
51. Криков, А.М. Информационные модели системы технической диагностики и обслуживания тракторов / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - Новосибирск. № 5-6, 2011- С. 102.
52. Криков, А.М. Информационные технологии в системе технического обслуживания тракторов / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике: сб. трудов региональной научно-практической конференции. - Томск: ТСХИ, Вып. 12. - 2010. - С. 324-326.

53. Криков, А.М. Оперативное управление процессами обеспечения технической готовности тракторов типа / А.М. Криков, О.Ф. Савченко, Н.П. Козиенко // Техника в сельском хозяйстве. - 1984. - № 12. - С. 20.

54. Криков, А.М. Разработка информационной модели системы технического обслуживания и диагностики / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в с/х: сборник докладов XI Междунар. науч.-практ. конф. (14-15 сентября 2010 г., г. Углич). Россельхозакадемия. ГНУ ВИМ - Ч. 2. - М.:, 2010 - С. 205.

55. Криков, А.М. Разработка программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования остаточного ресурса тракторов на компьютере. / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова //Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сборник докладов XI Междунар. науч.-практ. конф. (14-15 сентября 2010 г., г. Углич) Россельхозакадемия. ГНУ ВИМ. - Москва, 2010.- С. 218.

56. Криков, А.М. Разработка системы информационного сопровождения технического обслуживания тракторов. / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Электроэнергетика в сельском хозяйстве: сборник, матер, междунар. науч.-практ. конф. - Респ. Алтай: НГТУ Эрлагол, 2009. - С. 308.

57. Криков, А.М. Формирование блока «Оборудование и оснастка» в системе информационного сопровождения технического обслуживания энергонасыщенных тракторов / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: сборник матер. 4-ой международной научно- практической конференции - Новосибирск: СибФТИ, 2009 - С.410-412

58. Криков, А.М. Формирование многоуровневой информации для технической диагностики и технического обслуживания энергонасыщенных тракторов. / А.М. Криков, Р.Г. Бердникова // Вестник НГАУ. - 2012. - № 2. - С. 112.

59. Кулиев, М.К. Анализ факторов, влияющих на эффективность использования техники / М.К. Кулиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1983. - № 2. - С. 33.
60. Левин, И.Е. Совершенствование технологичности процесса диагностирования при техническом обслуживании сельскохозяйственных тракторов: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.20.03 / Левин Иосиф Ефимович. - Новосибирск, 1988.
61. Левин, И.Е. Факторная модель оценки трудоемкости диагностирования на ранней стадии разработки машин / И.Е. Левин // ТО и диагностика сельскохозяйственной техники. - Иркутск, 1987. - С. 20.
62. Ленский, А.В. Специализированное техническое обслуживание машинно-тракторного парка / А.В. Ленский. - М. : Роспромиздат, 1989. - 238 с.
63. Ленский, А.В., Техническое обслуживание машинно-тракторного парка / А.В. Ленский, А.П. Быстрицкая. - М.: Колос, 1982. - 224 с.
64. Лившиц, В.М., Принципы формирования системы технического обслуживания машин в хозяйствах Сибири: методические указания / В.М. Лившиц, В.И. Голиченко. - Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1976. - 97с.
65. Михлин, В.М. Прогнозирование технического состояния машин / В.М. Михлин. - М.: Колос, 1976. - 287 с.
66. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. - М.: Колос, 1984. - 335 с.
67. Моисеева, Н.К. Функционально-стоимостный анализ в машиностроении / Н.К. Моисеева. - М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.
68. Мошкин, Н.И. Автоматизированные методы диагностирования АТС / Н.И. Мошкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2007. - № 11. - С. 45.
69. Назаров, С.П. Совершенствование организационно-технологической структуры системы технического сервиса / С.П. Назаров,

С.В. Ковальков, А.А. Лаврухин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2008. - №8.- С. 26.

70. Немцев, А.Е. Система технического сервиса в АПК / А.Е. Немцев // РАСХН. Сиб. отд-ние. СибИМЭ. - Новосибирск, 2002. - 264 с.

71. Озорнин, С.П. Повышение работоспособности мобильных машин в структурах агропромышленного комплекса на основе ситуационно-комбинированного обслуживания и ремонта : автореф. дис.... канд тех. наук :05.20.03 / Озорнин Сергей Павлович. - Новосибирск, 2005.

72. Опенышев, М.Е. Исследование по обоснованию оптимальной последовательности выполнения работ плановых технических обслуживаний №2 и 2 / : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.20.03. - М., 1974.-21 с.

73. Операционно-технологические карты ТО трактора. Минавтодор РСФСР. - М.: Транспорт, 1978. - 144 с.

74. Ополоник, Т.И. Автоматизированное управление процессом технического обслуживания по результатам диагностирования / Т.И. Ополонник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1984. - № 1. - С. 15.

75. Пасечников, Н.С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве / Н.С. Пасечников. - М.: Колос, 1983. - 304 с.

76. Плаксин, А.М. Обоснование периодичности контроля и допуска на снижение мощности двигателей при эксплуатации тракторов в сельском хозяйстве: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.20.03 / Плаксин Алексей Михайлович - Челябинск, 1975.

77. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в условиях Сибири: учебно-методическое пособие / Н.М. Иванов, А.Е. Немцев, В.В. Коротких, А.М.Криков, Р.Г. Бердникова [и др.] под ред. Н.М. Иванова, А.Е. Немцева. - Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние. СибИМЭ, 2012.- 108 с.

78. Положение о диагностировании машин / В.М. Михлин, А.В. Дунаев, Н.М. Хмелевой [и др.]. - М.: ГОСНИТИ, 1988. - 98 с.

79. Производственная база и операционная технология обслуживания машин в хозяйствах Сибири: метод рекомендации / подгот. А.Т. Клейн, В.М. Лившиц, Д.В. Воронин [и др.] - Новосибирск: СО ВАСХНИЛ СиБИМЭ, 1980. - 122 с.

80. Пронин, В.М. Технико-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологий по критерию часовых эксплуатационных затрат / В.М. Пронин, В.А. Прокопенко. - М.: Столичная типография, 2008. - 162 с.

81. Пучин, Е.А. Методика расчета ущерба от нарушений правил технического обслуживания / Е.А. Пучин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998. - №6. - С. 14.

82. Радченко, С .Я. К вопросу об эффективности технической диагностики в сельскохозяйственном машиностроении / С.Я. Радченко, А.Д. Михайличенко, Ю.В. Шутов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1973. - № 8. - С.7.

83. Рубцова, Э.Е. Модели и свойства класса структурных программ в языках потоков данных / Э.Е. Рубцова, В.А. Соколов // Моделирование и анализ информационных систем: Сб. науч. трудов. Ярославль: Яросл. гос. ун-т, 1996. - Вып. 3.- **C. 127.**

84. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин / под руков. В.И.Черноиванова. - М: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 252 с.

85. Савченко, О.Ф. Контроль и экспертиза технического состояния тракторных дизелей в условиях эксплуатации: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.03 / Савченко Олег Федорович. - Новосибирск, 1997.- 21 с.

86. Садыков, Б.Г.. Обобщенные показатели технического состояния тракторов / Б.Г. Садыков, А.Ф. Ермаков, В.А Никитин // Техника в сельском хозяйстве. - 1976. — № 10.

87. Селиванов, А.И. Основы теории старения машин / А.И. Селиванов. - М.: Машиностроение, 1981. -408 с.

88. Сельцер, А.А. Практикум по диагностированию сельскохозяйственной техники / А.А. Сельцер, К.Ю. Скибневский. - М: Колос, 1979. - 423 с.
89. Семянникова, Я.И. Совершенствование технического обслуживания тракторов передвижными средствами в полевых условиях: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.20.03 / Семянникова Ярослава Игоревна. - Новосибирск, 1990.
90. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования. - М.: Информагротех, 1995. - С. 64.
91. Соломкин, А.П. Особенности технического обслуживания тракторов, / А.П. Соломкин // Техника в сельском хозяйстве. - 1986. - № 6
92. Справочник по тракторам «Кировец» / М.Г. Пантиюхин, Л.И. Безверхний, Н.А. Березин [и др.] - М.: Колос, 1982. - 271 с.
93. Субботин, М.М. Новая информационная технология: создание и обработка гипертекста / М.М. Субботин // Научно-техническая информация. - 1988 - № 5.
94. Субботин, М.М. Теория и практика нелинейного письма (взгляд сквозь призму «грамматологии» Ж. Деррида) / М.М. Субботин // Вопросы философии. - 1993. - № 3. - С.36
95. Сырбаков, А.П. Обеспечение работоспособности топливоподающей системы дизельных тракторов в условиях отрицательных температур: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.20.03 / Сырбаков Андрей Павлович. - Новосибирск, 2009.
96. Терских, И.П. Проблемы эксплуатации сельскохозяйственной техники в Сибири / И.П. Терских // Совершенствование технической эксплуатации машинно-тракторного парка. - Иркутск, 1982. - С. 3.
97. Технический сервис в АПК Сибири: рекомендации сиб. отд-ния РАСХН / под ред. А.Е. Немцева. - Новосибирск: СибИМЭ , 2008. - 171 с.

98. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. пособие для нач. проф. образования / Е.А. Пучин, Л.И. Кушнарев, Н.А. Петрищев и др. - М.: Академия, 2011. - 208 с.

99. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка с использованием оперативных методов и средств контроля / В.М.Лившиц, А.П. Уткин, А.Е. Арютина и др. // Техническое обслуживание машин в хозяйствах Сибири. - Новосибирск, 1976. - С. 1.

100. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка. 4.1: Операции, средства, документация диагностирования и технического обслуживания машинно-тракторного парка: методические указания / С.П. Федоров, В.А. Никитин, М.Н. Разумов - Новосибирск: Новосибирский, государственный аграрный университет, 1991. - 116 с.

101. Техническое руководство по диагностированию тракторов и самоходных сельскохозяйственных комбайнов. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 224 с.

102. Технологические рекомендации по организации диагностирования тракторов / К.Ю. Скибневский, В.И. Человаков, В.И. Савельев [и др.] - М.: ГОСНИТИ, 1980. - 136 с.

103. Технология диагностирования тракторов / В.И. Вельских. - М: ГОСНИТИ, 1973.-280 с.

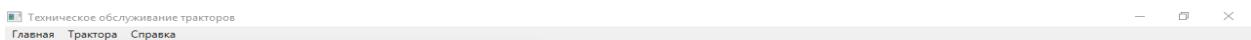
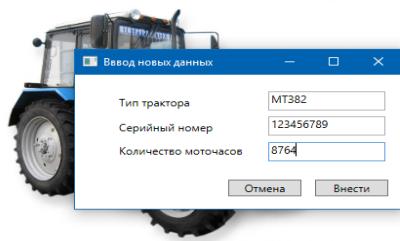
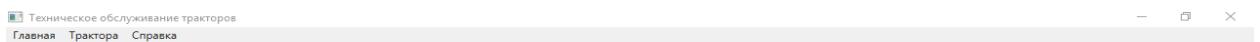
104. Топилин, Г.Е. Оценка приспособленности тракторов к техническому обслуживанию по совокупности признаков / Г.Е. Топилин // Тракторы и сельхозмашины, - 1979. - № 6. - С. 7.

105. Трактор. Техническое обслуживание. / А.П. Соломкин, И.А.Щабельский, В.А. Никитин [и др.]. - М.: ГОСНИТИ, 1991. - 144 с.

106. Трактор. Техническое обслуживание / А. П. Соломкин, И.А. Щабельский, В.А. Никитин [и др.]. - М.: ГОСНИТИ, 1990. - 111 с.

## Приложение А

## Программа ТО Тракторов



	id	type	serialnumber	currentMotoHours	typeTo	typeN
1	1	K-9000	547562	100	ETO	ETO
2	2	6-12	458796	50	ETO	TO-1
3	3	Агромаш 90 ТF	658974	230	ETO	TO-2
4	4	Кировец К744	756798	90	ETO	ETO
5	5	ЛТЗ-60АВ	569874	950	ETO	TO-3
6	6	MT382	1234567899	8764	TO-1	TO-2
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Type - тип трактора

Serialnumber - серийный номер трактора

CurrentMotoHours - отработанное количество моточасов

TypeTO - тип прошедшего ТО

TypeNextTO - тип следующего ТО