

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

На правах рукописи

Горбунова Татьяна Леонидовна

**ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОТЕРЬ ТОПЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ  
ТРАКТОРОВ В АПК**

Специальность 05.20.03 - технологии и средства технического  
обслуживания в сельском хозяйстве

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук,  
доцент В.Н. Хабардин

Новосибирск, 2022

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение.....	5
Глава 1. Состояние вопроса и задачи исследования .....	9
1.1 Классификация потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов .....	9
1.2 Анализ методов и средств контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов .....	13
1.3 Методы и средства учёта потерь топливно-смазочных материалов .....	15
Глава 2. Теоретическое обоснование оперативного контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов .....	19
2.1 Формализация процесса обслуживания тракторов с учетом потерь топливно-смазочных материалов .....	19
2.2 Показатели процесса технического обслуживания тракторов .....	21
и его математическое описание .....	21
2.3 Моделирование массы потерь топливно-смазочных материалов.....	25
при техническом обслуживании тракторов.....	25
2.4 Обоснование и математическое описание сравнительной базы для формирования математической модели .....	29
2.5 Математическая модель оценки потерь топливно-смазочных материалов при выполнении технического обслуживания тракторов.....	32
2.5.1 Математическая модель на основе определительных статистических испытаний контролируемой тракторов в процессе технического обслуживания .....	32
2.5.2 Математическая модель на основе статистических испытаний в процессе технического обслуживания контролируемой тракторов и тракторов с наименьшими потерями топливно-смазочных материалов.....	34

2.5.3 Математическая модель на основе учёта количества смазочно-заправочных операций контролируемой тракторов и тракторов с их наименьшим количеством .....	37
Глава 3. Методика экспериментального исследования .....	49
3.1 Программа экспериментального исследования .....	49
3.2 Разработка способов оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов. ....	51
3.3 Сравнительные испытания способов определения количества топливно-смазочных материалов на экране .....	59
3.4 Методика проведения оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов в стационарных и полевых условиях. ....	62
3.5 Методика оценки погрешностей экспериментальных исследований .....	69
3.6 Основные технические средства для оценки величины потерь ТО тракторов.....	72
3.7 Место проведения экспериментальных исследований .....	77
Глава 4. Результаты экспериментальных исследований и анализ .....	78
4.1 Результаты экспериментальной проверки способа оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов на экране .....	78
4.2 Результаты сравнительных испытаний способов определения количества потерь топливно-смазочных материалов на экране .....	86
4.3 Результаты определения и статистической оценки метода оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов в стационарных.....	91
и полевых условиях.....	91
5 Экономический эффект от внедрения мероприятий по контролю потерь ТСМ .....	108
Заключение .....	111
Список сокращений и условных обозначений.....	113
Список принятых терминов .....	115

Список литературы .....	117
Приложения .....	135
Приложение А .....	135
Приложение Б.....	142
Приложение В.....	150

## Введение

**Актуальность темы.** В структуре себестоимости продукции АПК около 50 % – это затраты на эксплуатацию машинно-тракторного парка (МТП), в структуре потерь от 5 до 10 % приходится на топливно-смазочные материалы (ТСМ). Следовательно, снижение затрат труда и средств на обеспечение работоспособности МТП актуально.

На протяжении многих лет эту проблему решают по различным направлениям, одно из них – снижение потерь на топливно-смазочные материалы при техническом обслуживании (ТО) тракторов. Потери ТСМ при ТО тракторов – это расходы ТСМ, которые не предусмотрены руководством по эксплуатации, но могут быть в случае отказа человеко-машинной системы. Они приводят к дополнительным расходам ТСМ на ТО, затратам труда на устранение последствий отказов, а также к потерям от простоев тракторов при устранении последствий отказов.

В настоящее время учёт потерь ТСМ при ТО тракторов не проводится, а их количество неизвестно. Кроме этого, в научно-технической литературе отсутствуют данные, регламентирующие потери ТСМ. Поэтому возникает необходимость контроля величины потерь ТСМ, что направлено как на их снижение, так и на улучшение качества ТО. Однако до настоящего времени инженерно-технические службы хозяйств АПК не располагают соответствующими способами и методами контроля. В связи с этим исследование по обоснованию способов и методов оценки контроля потерь ТСМ при ТО тракторов являются актуальными, имеют научное и практическое значение для АПК.

**Степень разработанности темы:** исследования методов оперативного контроля потерь проводили в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ОАО «НАТИ», ОАО «НИИАТ» и СФНЦА РАН. Однако до настоящего времени нет математического аппарата и достоверных методов оценки потерь ТСМ при ТО тракторов.

**Цель исследования** – сокращение потерь ТСМ за счёт применения оперативного контроля при техническом обслуживании тракторов с использованием усовершенствованных методов и технических средств.

**Задачи исследования:**

1. Разработать математическую модель процесса технического обслуживания тракторов с учётом оперативного контроля потерь ТСМ.
2. Обосновать и разработать метод оперативного контроля потерь ТСМ при ТО тракторов и технические средства для его осуществления.
3. Провести производственную проверку основных результатов исследований и оценить эффективность их применения.

**Объект исследования** – процесс оперативного контроля потерь ТСМ при техническом обслуживании тракторов.

**Предмет исследования** – зависимости процесса оперативного контроля потерь ТСМ при техническом обслуживании тракторов.

**В качестве гипотезы** принято предположение о том, что снижение потерь ТСМ при ТО тракторов возможно за счёт оперативного применения усовершенствованных методов и технических средств их измерения.

**Научная новизна заключается:**

- в разработке математической модели процесса технического обслуживания тракторов с учётом потерь ТСМ;
- в совершенствовании методики контроля потерь ТСМ при ТО тракторов;
- в закономерностях оценки потерь ТСМ при ТО тракторов.

**Практическая значимость результатов исследований:** разработаны методы оперативного контроля потерь ТСМ при ТО тракторов и технические средства для их осуществления. Разработана методика контроля и оценки потерь ТСМ с применением этих методов и средств – получено 5 патентов РФ на изобретения. Методы и средства оперативного контроля апробированы в учебном процессе ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ и прошли экспериментальную проверку в АО «Сибирская Нива» Иркутского района и

ФГУП «Элита» Эхирит-Булагатского района Иркутской области и могут быть рекомендованы к применению в предприятиях АПК.

**Методы исследования** – математическое моделирование, анализ и синтез, испытание, теории вероятностей и математической статистики.

**Положения, выносимые на защиту:**

– математическая модель процесса оперативного контроля потерь ТСМ;

– результаты экспериментальных исследований потерь ТСМ при техническом обслуживании тракторов;

– результаты статистических данных для оценки экспериментального и расчётного методов определения коэффициентов потерь ТСМ при ТО тракторов.

**Степень достоверности результатов исследований.** Достоверность полученных результатов исследований обеспечивается методологией проведения эксперимента, устойчивой воспроизводимостью результатов, использованием поверенного метрологического оборудования, обоснованностью физических представлений, корректностью подготовки и проведения эксперимента, согласованностью полученных данных с результатами других авторов.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты доложены, обсуждены и экспонировались на:

– научно-практических конференциях с международным участием «Чтения И. П. Терских» (г. Иркутск, Иркутский ГАУ 2011 - 2015 гг.);

– международной научно-практической конференции, «Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии» (Иркутск, ИрГСХА 2013 г.);

– международной научно-практической конференции молодых учёных, «Научные исследования и разработки к внедрению в АПК» (Иркутск: Иркутский ГАУ, 2015 г.);

– на международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии» (г. Иркутск, Иркутский ГАУ, 2015, 2016, 2022 гг.);

– на научно-практических конференциях Восточно-Сибирского государственного технологического университета технологий и управления «Технологии и технические средства в АПК» (г. Улан-Удэ, 2017 - 2019 гг.)

– заседании научно-методического семинара СФНЦА РАН (п. Краснообск, 2019 и 2022 гг.).

Разработка в 2017 г. экспонировалась на Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень», где была удостоена серебряной медали и диплома (г. Москва, ВДНХ, 4-7 октября 2017г.).

**Публикации.** По материалам исследований опубликовано 8 печатных работ, в том числе 5 статьи – в изданиях, рекомендованных ВАК. Издано учебное пособие и монография, получено 5 патентов РФ на изобретения.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения; пяти глав; заключения; списков сокращений и условных обозначений, принятых терминов, литературы; а также приложений. Общий объем работы – 157 страниц текста, в том числе: 22 таблицы, 24 рисунка, 3 приложения, список литературы из 162 наименований.



## **Глава 1. Состояние вопроса и задачи исследования**

### **1.1 Классификация потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов**

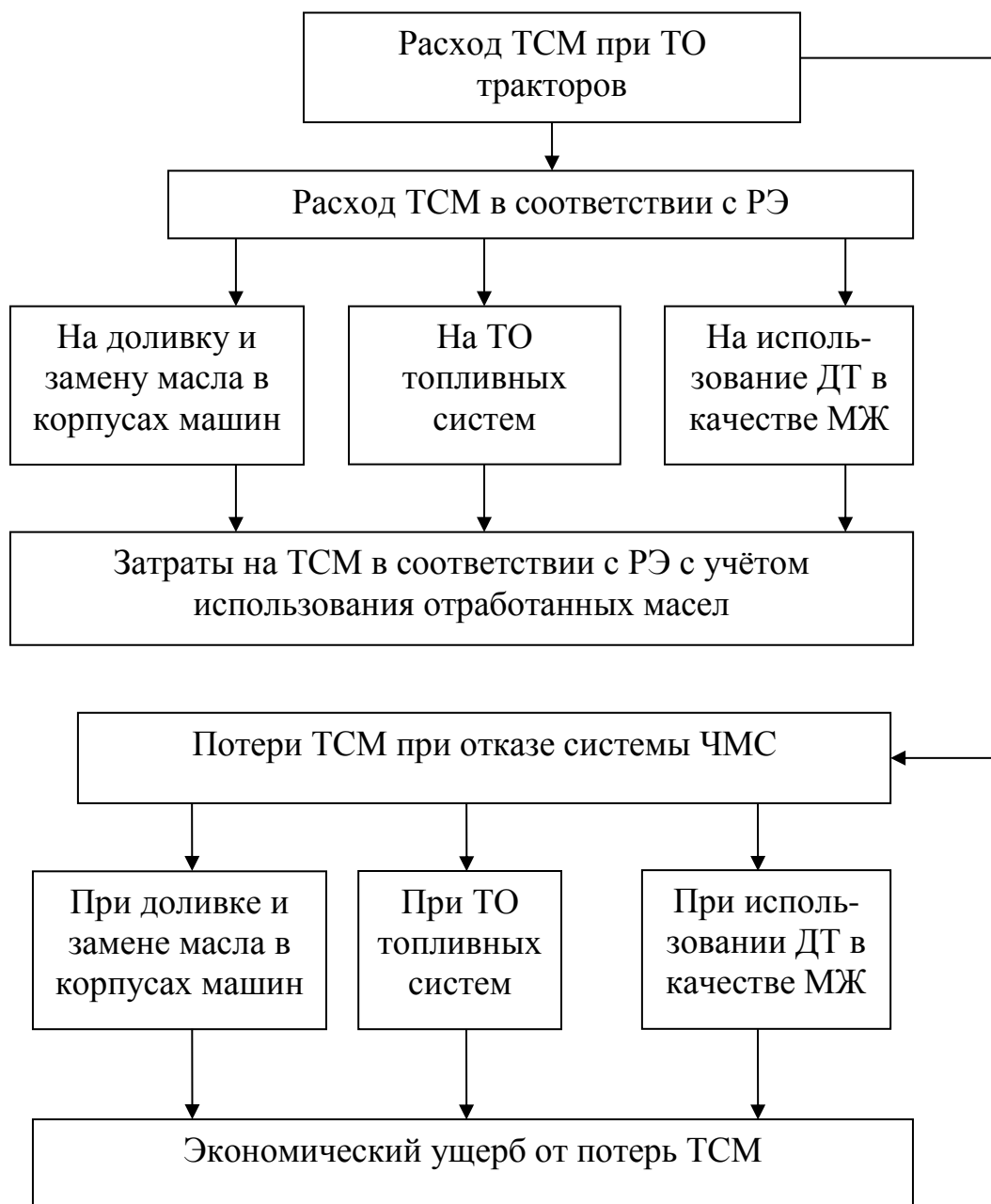
Под потерями ТСМ [91] при техническом обслуживании (ТО) тракторов следует понимать, такие потери, которые обусловлены нарушением технических требований к выполнению смазочно-заправочных операций (СЗО) приводящих к их разливу.

Пусть ТО тракторов выполняют в полном соответствии с руководством по эксплуатации (РЭ), что требует ГОСТ 20793-2009. При этом расход ТСМ также соответствует РЭ. В случае отказа системы «человек-машина-средство обслуживания» (ЧМС) требования РЭ нарушаются и, как следствие, возникают потери ТСМ. Потери ТСМ при ТО тракторов – это расходы ТСМ при ТО, которые не предусмотрены руководством по эксплуатации тракторов, но могут быть в случае отказа человеко-машинной системы. Отказ ЧМС при ТО – это событие, вследствие которого возникают потери ТСМ в любой форме. Общая классификация потерь ТСМ при ТО представлена на рисунке 1.

Общий расход ТСМ при ТО тракторов представлен двумя блоками: первый – расход ТСМ в соответствии с РЭ; второй – потери ТСМ при отказе ЧМС.

Потери ТСМ при доливке и замене масла в агрегатах тракторов. Объем ТСМ, заправляемых в картеры за цикл ТО (1000 моточ) при обслуживании основных марок тракторов, используемых в АПК Иркутской области, представлен в таблице 1. Характеристики заправочных ёмкостей соответствуют РЭ тракторов, без учёта расхода масел на долив, и связаны с периодичностью ТО-1 и ТО-2. Из данных таблицы следует на трактор К-744

– 276,5 л, на МТЗ-1221 – 121,6 л, по МТЗ-80 – 90,5 л. Средний расход масел за цикл ТО (при годовой наработке 1000 моточ.) из расчёта на один трактор по этим маркам – 148 л.



ДТ – дизельное топливо; МЖ – моющая жидкость; СЗС – смазочно-заправочные средства (другие обозначения в тексте)

Рисунок 1 – Анализ расхода топливно-смазочных материалов (ТСМ) при техническом обслуживании (ТО) тракторов

Таблица 1 – Объем заправочных ёмкостей тракторов

Наименование заправочной ёмкости	Заправляемый объем при техническом обслуживании тракторов, л:			
	МТЗ-80	МТЗ- 1221	К-744	АГРОМАШ- 90ТГ
Двигатель	15,0 x 2	22,0 x 2	32,0 x 2	22,0 x 2
Картеры трансмиссии	40,0	52,6	37,5	32,5
Бак гидросистемы	20,5	25,0	175,0	27,0
Всего:	90,5	121,6	276,5	103,5

С учётом значительного объёма восполняемых и заменяемых рабочих жидкостей (трансмиссионных и моторных масел) при ТО существенно возникает риск их потерь. К основным рабочим жидкостям использования, согласно химмитологической карты тракторов относятся: для ДВС товарные моторные масла группы эксплуатационной годности М8Г<sub>2</sub>, М10Г<sub>2</sub>, М8Г<sub>2К</sub>, М10Г<sub>2К</sub>; для механической трансмиссии масла группы эксплуатационной годности ТС<sub>П</sub>-15К, ТА<sub>П</sub>-15КВ, ТЭ<sub>П</sub>-15; для гидросистемы масла группы эксплуатационной годности МГ8-8А, МГЕ-46В.

Потери ТСМ при операциях ТО (восполнения утраченных рабочих жидкостей либо их замены) вследствие несовершенства конструкции и системы контроля заправочное устройство по оценкам [121] могут составлять от 2 до 5 литров на 100 литров заправляемых рабочих жидкостей.

Потери ТСМ при ТО топливных систем. Эти операции включают слив отстоя топлива из топливных фильтров грубой и тонкой очистки и из топливных баков. Слив отстоя сопровождается потерями топлива, в основном, из-за его пролива помимо приёмного устройства или при его

переливе в специальную ёмкость. Кроме того, после промывки фильтра грубой очистки топлива и замены фильтрующих элементов топливного фильтра тонкой очистки нарушается герметичность топливной системы, что также сопровождается его потерями. На основании данных исследования количество сливаемого топлива составляет от 14 до 100 литров [121], что отражено в таблице 2.

Таблица 2 - Объем топлива, сливаемого при ТО тракторов

Марка трактора	Объем топлива, л:					За цикл:	
	ФГО	ФТО	ТБ	ПК	Всего	частота	объем, л
К-701	1,28	0,54	4,00	0,50	6,32	16	101,12
Т-150	1,17	0,80	2,00	0,50	4,47	4	17,88
АГРОМАШ-90ТГ	0,60	0,80	2,00	0,50	3,90	16	62,40
МТЗ-82	0,47	0,72	2,00	0,50	3,69	4	14,76

Обозначения: ФГО, ФТО - фильтры грубой и тонкой очистки топлива, ТБ - топливный бак, ПК - прокачка топлива (удаление воздуха из топливоподачи)

Потери ТСМ при использовании дизельного топлива в качестве моющей жидкости – при очистных и моечных операциях ТО. К ним относятся операции (Таблицы А.1), например, по очистке и мойке ротора центробежного масляного фильтра дизеля (все марки тракторов по таблице А1), фильтра грубой очистки топлива (МТЗ-80, МТЗ-1221), фильтроэлементов гидравлических систем и др. В стационарных условиях мойку этих деталей осуществляют в ванне с дизельным топливом. В полевых условиях, при использовании передвижных агрегатов ТО, эту операцию выполняют также в открытой ванне, являющейся составной частью этого агрегата. Названная ванна снизу оснащена сливным отверстием,

закрывае́мым пробкой, через которое в завершение работы сливают жидкость в канистру. Представленные технологии не исключают потерь дизельного топлива в виде его пролива, выплёскивания из ванны или разбрызгивания.

Потери ТСМ при ТО тракторов недопустимы. Однако осуществить это практически весьма сложно: во-первых, вследствие недостаточной надёжности устройств (их отказы неизбежны по объективным причинам), во-вторых, по причине недостаточной приспособленности тракторов к проведению ТО в полевых условиях, в-третьих, из-за низкой технической культуры оператора, и, в-четвертых, из-за несоответствия условий труда. [151, 152].

Ущерб от потерь ТСМ выражен целевой функцией

$$Y_{\text{ТСМ}}(Y_{\text{М}}, Y_{\text{П}}) = Y_{\text{М}} + Y_{\text{П}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $Y_{\text{ТСМ}}$  – суммарный ущерб от потерь ТСМ при ТО тракторов;

$Y_{\text{М}}, Y_{\text{П}}$ , – ущерб в связи с потерями ТСМ, устранением последствий отказов.

Таким образом, потери ТСМ в процессе ТО тракторов могут быть при доливке и замене масла в агрегатах тракторов, при ТО топливных систем. Они обусловлены отказами человеко-машинной системы, которые приводят к ущербу в связи с потерями ТСМ, устранением последствий отказов.

Также отсутствуют или недостоверны, либо имеют устаревшие значения: нормативно-технические данные по объёму потерь ТСМ при ТО; методики и технические средства оперативного контроля потерь ТСМ. Соответственно требуется их корректировка и на основании статистических данных обоснование допустимых потерь при ТО.

## **1.2 Анализ методов и средств контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов**

Совершенствование технологий и технических средств ТО тракторов рассмотрены в работах [151] [1, 9, 15, 50, 52, 63, 66, 68, 84, 98, 104, 108, 109, 110, 113, 114, 117, 118, 119, 124, 132]. В.А. Аллилуева, Г.В. Веденяпина, С.А. Иофинова, А.В. Ленского, В.М. Лившица, В.М. Михлина, Н.С. Пасечникова, А.И. Селиванова, А.П. Соломкина, К.Ю. Скибневского, И.П. Терских, С.С. Черепанова, В.И. Черноиванова и др. Значительный вклад в разработку технологии ТО внесли: В.В. Альт, Д.М. Воронин, И.П. Добролюбов, А.П. Картошкин, Г.М. Крохта, Л.И. Кушнарев, С.Л. Никитченко, С.П. Озорнин, А.М. Плаксин, П.В. Привалов, Е.А. Пучин, Г.В. Редреев, В.А. Семейкин, А.П. Уткин, Н.М. Хмелевой и др.

В настоящее время не в полной мере обобщён опыт технологических средств оперативного контроля при проведении ТО тракторов. Поскольку ТСМ в виде потерь поступают в окружающую среду, то возникает необходимость их учёта при оценке качества ТО тракторов. Поэтому в дальнейшем будем принимать во внимание и такие НИР, которые касаются вопросов экологии в связи с применением ТСМ при ТО тракторов

В работе [145] А. П. Уткина была посвящена созданию встроенных средств контроля уровня в масляных корпусах различных систем тракторов АГРОМАШ-90ТГ и К-701. Эти средства представляли собой прозрачные уровнемеры с измерительными шкалами, выполнены из оргстекла и встроены в корпуса тракторов или гидробаки гидравлических систем. Они позволяли визуально контролировать уровень масла в корпусах тракторов: без нарушения их герметичности. Кроме того, автором этой работы были предложены датчики отстоя топлива с индикатором на воду в фильтрах-отстойниках системы питания дизельных двигателей. Недостатком таких средств является относительно низкая достоверность оценки потерь ТСМ. Вместе с тем следует отметить, что встроенные простейшие приборы контроля, предложенные А. П. Уткиным, является неотъемлемой частью конструкции агрегатов тракторов отечественных и зарубежных тракторов. [111].

В основу технической эксплуатации тракторов положена концепция ресурсосбережения, в том числе ТСМ [111, 112]. В работе [111] изложены требования к топливной экономичности тракторов и методы её обеспечения.

В.И. Черноивановым предложено концепция по совершенствованию нормативов по учёту потерь ТСМ при ТО тракторов. В работе достаточно подробно рассмотрены и систематизированы вопросы учёта и оперативного контроля потерь ТСМ при ТО тракторов и ремонте в сельском хозяйстве.

В. Н. Хабардиным [152, 153] впервые была сформулирована концепция качество ТО тракторов с учётом использования и контроля ТСМ.

Н.В. Петренко [99], предложил стратегию чистого производства. Однако в Российской Федерации эта стратегия пока не является составной частью технической политики.

Анализ публикаций показал, что в современных условиях интенсивно развиваются процессы ТО тракторов: диагностирование при обслуживании тракторов [8, 18, 39, 48, 56, 60, 61, 65, 69, 87, 90, 128]; условия труда оператора – второе место [2, 10, 11, 12, 13, 20, 49, 79, 93, 105]; средства ТО – третье место [85, 88, 101, 102, 104, 107, 129, 150, 152]; технология ТО – четвёртое место [17, 42, 43, 57, 86, 89, 94, 152]; далее – использование ТСМ при ТО тракторов.

### **1.3 Методы и средства учёта потерь топливно-смазочных материалов**

Потери топливно-смазочных материалов (ТСМ) – в основном свежие масла, а также дизельное топливо – это та их часть, которая в процессе ТО по различным причинам поступает в окружающую среду.

Под методом обычно понимают форму реализации способа. При этом способ – это целенаправленный процесс воздействия на материальный объект, осуществляемый с помощью материальных объектов.

Средства учёта потерь ТСМ – это устройства для фиксирования ТСМ и определения их количества.

В настоящее время в теории и практике технической эксплуатации тракторов вопросам определения, учёта и оценки потерь ТСМ при ТО тракторов уделено недостаточно внимания. Это обусловлено тем, что попадание нефтепродуктов на почву не допускается [36] и, следовательно, потерь ТСМ не должно быть вовсе. Однако исключить эти потери невозможно по целому ряду причин.

Одним из методов учёта потерь ТСМ на практике является визуальный метод, при котором потери ТСМ фиксируют по факту их пролива помимо заправочной или сливной воронки, а также по наличию пятен нефтепродуктов на основании или площадке для ТО.

Поскольку ТСМ в виде потерь поступают в окружающую среду, то возникает необходимость их учёта при оценке качества [32] ТО тракторов по комплексным показателям [82].

Известен способ определения потерь ТСМ [96] заключаемый в том, что материал, используемый при ТО тракторов, фиксируют на экран, размещённый под этим трактором. После проведения ТО производят оценку наличия пятен на экране, образовавшихся от попадания на него материалов при обслуживании. При этом находят суммарную массу материалов на экране, по которой затем определяют суммарные потери ТСМ при ТО.

На рисунке 2 схема иллюстрирует способ определения потерь ТСМ при ТО тракторов.

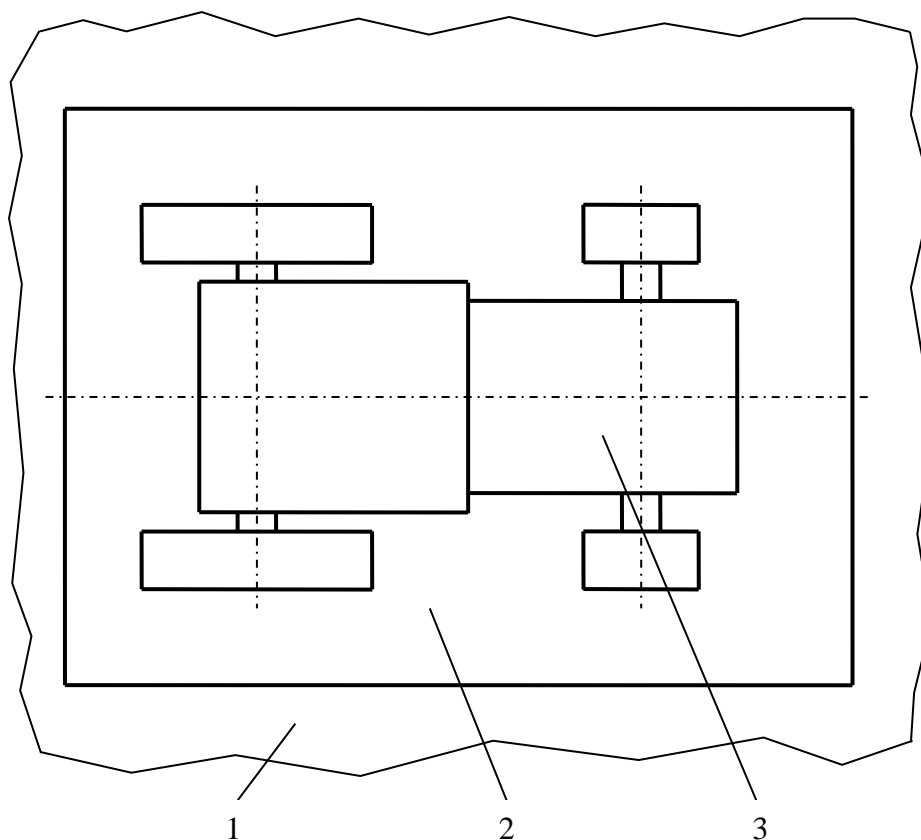
Этот способ может быть осуществлён в стационарных условиях или ремонтных мастерских. [96].

Сущность способа заключается в следующем.

На площадку ТО устанавливают трактор 3, под который располагают экран 2. Проводят ТО тракторов. В завершение обслуживания снимают экран 2. Производят оценку наличия пятен на экране, образовавшихся от попадания на него ТСМ при обслуживании тракторов. При этом все пятна подразделяют по отношению к материалам, например, к бензину, дизельному топливу,



маслу моторному и трансмиссионному, к охлаждающей жидкости, электролиту. Затем планиметром измеряют площадь этих пятен.



1 – основание; 2 – экран; 3 - трактор

Рисунок 2 – Иллюстрация способов определения потерь ТСМ при ТО тракторов и устройства (экрана) для их осуществления

В результате находят суммарную массу материалов на экране по формуле:

$$Q_M = \sum_{i=1}^k S_{Ci} q_{Mi}, \quad (2)$$

где  $Q_M$  – суммарная масса материалов на экране, кг;

$S_{Ci}$  – суммарная площадь пятен  $i$ -того материала (бензина, дизельного топлива, масла, охлаждающей жидкости, электролита),  $m^2$ ;

$q_{Mi}$  – масса  $i$ -того материала в пятне в расчете на единицу его площади,  $кг/м^2$ ;

$k$  – число материалов, применяемых при техническом обслуживании тракторов.

По суммарной массе материалов  $Q_M$  на экране определяют потери ТСМ при ТО тракторов. Однако этот способ очень трудоёмкий на практике.

Известен способ определения потерь ТСМ при ТО тракторов [97]. Способ предусматривает взвешивания экрана и определение массы потерь ТСМ по зависимости

$$Q_{Mi} = Q_{Эi}^{\Pi} - Q_{Эi}^{\Delta}, \quad (3)$$

где  $Q_{Mi}$  – масса материала на экране при выполнении  $i$ -той операции;

$Q_{Эi}^{\Pi}$ ,  $Q_{Эi}^{\Delta}$  – масса экрана до и после проведения  $i$ -той операции, полученная при его взвешивании.

Таким образом, установлено, что потери ТСМ при ТО тракторов могут быть оценены визуально, аналитически и экспериментально при оценки качества ТО. При этом визуальный метод может дать лишь ориентировочные представления о потерях ТСМ, аналитический метод позволяет учесть потери ТСМ только в составе комплексных показателей качества процесса ТО, экспериментальный метод предполагает возможность количественной оценки потери ТСМ. В связи с этим методов предпочтительным является экспериментальный метод, он предложен на уровне новых технических решений, дальнейшее развитие которых возможно на основе научных исследований.

## **Глава 2. Теоретическое обоснование оперативного контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов**

### **2.1 Формализация процесса обслуживания тракторов с учетом потерь топливно-смазочных материалов**

Под потерями ТСМ [91] при техническом обслуживании (ТО) тракторов понимаем, такие потери, которые обусловлены нарушением технических требований к выполнению смазочно-заправочных операций (СЗО) приводящим к их разливу.

Кроме того, необходимо отметить, что потери ТСМ при ТО тракторов — показатель качества, характеризующий свойства продукции, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, средств, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации продукции [82, с. 214, 215]. На основании этого, то в основу разработки математической модели описания могут быть положены научные основы оценки качества продукции, а также теории вероятностей и надёжности технических систем [6, 40, 41, 73, 74, 126, 127, 159].

Математическая модель может быть формализована следующим образом. На объект воздействует несколько факторов, характеризующих потери ТСМ при ТО.

При этом реакция факторов характеризуется одним показателем — коэффициентом потерь ТСМ. В соответствии с рисунком 3 такой характер взаимодействия может быть описан многомерно-одномерной схемой [55] с входными ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ ) и выходными ( $y$ ) сигналами исследуемого объекта S [55].

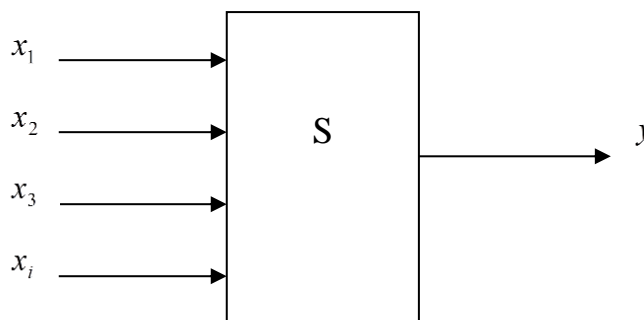


Рисунок 3 – Формализованная модель контроля процесса потерь TCM при ТО тракторов (обозначения в тексте)

В этом случае задача моделирования состоит в построении вход-выходного отображения, задающего математическую (количественную) зависимость между двумя пространствами функций, элементами которых являются входные и выходные сигналы [55, 81].

В общем виде коэффициент потерь TCM может быть определён по аналогии с уровнем качества продукции [32, 38] – записан

$$K_{ij} = \frac{X_{lij}}{X_{dij}}, \quad (4)$$

где  $K_{ij}$  – коэффициент потерь по  $j$ -виду TCM при выполнении  $i$ -вида обслуживающего воздействия (операции ТО);

$X_{lij}$ ,  $X_{dij}$  – соответствующее измеренное и допускаемое значение потерь TCM.

При такой постановке задачи процесс технического обслуживания может быть представлен: в виде части однотипных операций при ТО.

Таким образом, на этапе формализации задачи исследования установлено, что математическое описание процесса технического обслуживания тракторов с учётом потерь TCM представляется возможным в виде отношений измеренных и допускаемых значений потерь TCM.

## 2.2 Показатели процесса технического обслуживания тракторов и его математическое описание

Математическое описание объекта сводится к получению количественных соотношений или зависимостей. В исследовании требуется найти такое математическое описание процесса обслуживания тракторов, в котором бы были отражены в простой математической форме все необходимые элементы, характеризующие этот процесс.

Процесс технического обслуживания (ТО) при использовании тракторов согласно ГОСТ 20793-2009 осуществляется при реализации следующих основных видов ТО: ежесменных – ЕТО (через 8...10 моточ), периодических – ТО-1, ТО-2 и ТО-3 (соответственно через 125, 500 и 1000 моточ), сезонных – ТО-ВЛ, ТО-ОЗ (при переходе к весенне-летнему и осенне-зимнему периодам). При этом ЕТО, ТО-1 и ТО-2 могут проводиться на месте работы тракторов – в полевых условиях. Все названные виды обслуживания, кроме сезонных, проводятся при достижении установленной наработки, то есть зависят от времени. В целом, процесс ТО представляет собой совокупность работ определённого назначения, каждая из которых, в свою очередь, состоит из операций, выполняемых через заданные промежутки времени и в установленной технологической последовательности.

На следующем этапе систематизируем основные показатели ТО тракторов, которыми будем оперировать в дальнейшем.

В соответствии с ГОСТ 18322-78 таковыми являются:

а) средние показатели, относящиеся к одному какому-либо виду ТО, например, средняя продолжительность одного ТО данного вида, а в нашем исследовании (по аналогии с приведённым показателем из ГОСТ 18322-78) – например, средняя масса потерь топливно-смазочных материалов:

$X_{EO}$ ,  $X_{T1}$ ,  $X_{T2}$ ,  $X_{T3}$  – средние показатели по ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

б) средние суммарные показатели, относящиеся ко всем (или некоторым) видам ТО тракторов за заданную наработку или интервал времени, например, по ГОСТ 18322-78 – средняя суммарная продолжительность технических обслуживаний, в нашем исследовании также по аналогии с этим показателем – например, средняя суммарная масса потерь ТСМ:

$X_{ц}$  – средние суммарные показатели за цикл ТО;

в) удельные суммарные показатели – это средние суммарные показатели, отнесённые к заданной наработке, например по ГОСТ 18322 – удельная суммарная продолжительность технических обслуживаний, в нашем исследовании также по аналогии с этим показателем – например, удельная суммарная масса потерь ТСМ:

$X_{qц}$  – удельные суммарные показатели за цикл ТО.

Теперь представим перечисленные показатели математически.

Средние показатели  $X_{EO}$ ,  $X_{T1}$ ,  $X_{T2}$ ,  $X_{T3}$  – математическое ожидание (среднее значение) показателя, в нашем примере – средние массы потерь ТСМ при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3, что в общем виде может быть представлено формулой

$$\overline{X_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n}, \quad (5)$$

где  $\overline{X_{ij}}$  – математическое ожидание (среднее арифметическое) массы потерь по  $j$ -виду ТСМ при выполнении  $i$ -вида ТО;

$X_{ij}$  – результат измерения показателя при проведении  $n$  независимых опытов  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Средние суммарные показатели за цикл ТО  $X_{ц}$  – математическое ожидание показателя – по аналогии с (5), например, массы потерь ТСМ при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 за указанную наработку.

Удельные показатели выразим как отношение средних показателей по видам ТО к периодичности ТО соответствующего вида – ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3:

$$X_{qEOj} = \frac{\bar{X}_{EOj}}{\tau_{EO}}, \quad (6)$$

$$X_{qT1j} = \frac{\bar{X}_{T1j}}{\tau_{T1}}, \quad (7)$$

$$X_{qT2j} = \frac{\bar{X}_{T2j}}{\tau_{T2}}, \quad (8)$$

$$X_{qT3j} = \frac{\bar{X}_{T3j}}{\tau_{T3}}, \quad (9)$$

где  $X_{qEOj}$ ,  $X_{qT1j}$ ,  $X_{qT2j}$ ,  $X_{qT3j}$  – средние удельные значения показателя по  $j$ -виду потерь ТСМ при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\bar{X}_{EOj}$ ,  $\bar{X}_{T1j}$ ,  $\bar{X}_{T2j}$ ,  $\bar{X}_{T3j}$  – средние значения (математические ожидания) показателя по  $j$ -виду потерь ТСМ при реализации этих же видов ТО;

$\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$ ,  $\tau_{T3}$  – наработка тракторов между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Общий вид выражений (6)-(9) –

$$X_{qij} = \frac{\bar{X}_{ij}}{\tau_i}, \quad (10)$$

где  $X_{qij}$  – среднее удельное значение показателя по  $j$ -виду потерь ТСМ при ТО  $i$ -вида;

$\bar{X}_{ji}$  – математическое ожидание показателя по  $j$ -виду потерь ТСМ при ТО  $i$ -вида;

$\tau_i$  – периодичность выполнения этого вида ТО.

При известных  $X_{qEOj}$  (6),  $X_{qT1j}$  (7),  $X_{qT2j}$  (8),  $X_{qT3j}$  (9) путём простого суммирования одних и тех же показателей (6)-(9) получим удельные суммарные показатели за цикл ТО  $X_{qЦ}$  (Рисунок 4) –

$$X_{qЦ} = X_{qEOj} + X_{qT1j} + X_{qT2j} + X_{qT3j}, \quad (11)$$

или с учётом правых частей выражений (6)-(9) –

$$X_{qЦ} = \frac{\bar{X}_{EOj}}{\tau_{EO}} + \frac{\bar{X}_{T1j}}{\tau_{T1}} + \frac{\bar{X}_{T2j}}{\tau_{T2}} + \frac{\bar{X}_{T3j}}{\tau_{T3}}. \quad (12)$$

На завершающем этапе проанализируем полученные результаты (Рисунок 4). Итак, поскольку обслуживания ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 проводят через равные промежутки времени, то зависимости  $X_{qEOj}$ ,  $X_{qT1j}$ ,  $X_{qT2j}$  и  $X_{qT3j}$  от времени  $\tau$  представлены на рисунке 4 в виде прямых, параллельных оси абсцисс. Значения удельных показателей  $X_{qEOj}$ ,  $X_{qT1j}$ ,  $X_{qT2j}$  и  $X_{qT3j}$  зависят от значений средних показателей  $\bar{X}_{jEO}$ ,  $\bar{X}_{jT1}$ ,  $\bar{X}_{jT2}$ ,  $\bar{X}_{jT3}$ , а также от периодичности выполнения обслуживаний (формулы (6)-(9)) и не зависят друг от друга. Эти особенности обуславливают возможность их суммирования при вычислении удельных суммарных показателей.

При математическом описании процесса ТО должны быть использованы показатели: средние ( $\bar{X}_{EOj}$ ,  $\bar{X}_{T1j}$ ,  $\bar{X}_{T2j}$ ,  $\bar{X}_{T3j}$ ), относящиеся к одному какому-либо виду обслуживания; средние суммарные за установленную наработку тракторов (за цикл ТО  $X_{Ц}$ ), удельные по видам ТО, полученные в расчёте на моточ ( $X_{qEOj}$ ,  $X_{qT1j}$ ,  $X_{qT2j}$  и  $X_{qT3j}$ ), а также удельные суммарные (за цикл ТО  $X_{qЦ}$ ).

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 18322-78 сформированы средние, средние суммарные и удельные суммарные показатели процесса технического обслуживания тракторов и найдено их математическое описание. Приведённые показатели являются единичными показателями качества процесса ТО - технологичности, поскольку они характеризуют одно его свойство – потери ТСМ при ТО тракторов. Также известны [27, 32, 38, 51, 82, 134] комплексные показатели качества продукции (процесса), однако они характеризуют несколько свойств, которые могут проявляться при ее создании и эксплуатации, то есть при разработке, производстве, испытаниях, хранении, транспортировании, техническом обслуживании (ТО), ремонтах и использовании. Термин «эксплуатация» применяется к такой продукции, которая в процессе использования расходует свой ресурс [32].



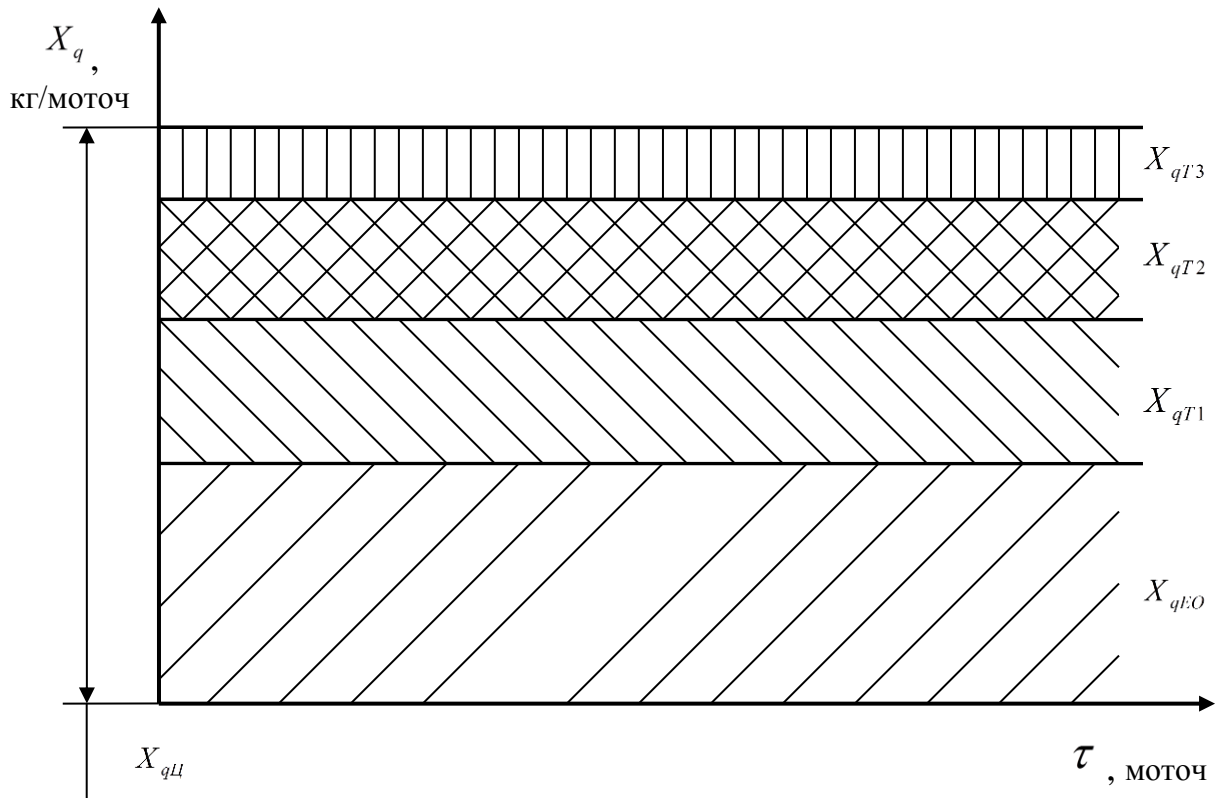


Рисунок 4 – Графическая иллюстрация формирования удельных суммарных показателей видов и цикла ТО тракторов (на примере массы потерь ТСМ)

При этом удельные суммарные показатели найдены на основе удельных показателей по видам ТО, которые определены по суммарным показателям соответствующих видов ТО.

### 2.3 Моделирование массы потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов

Потери топливно-смазочных материалов (ТСМ) по отдельным элементам (видам) могут быть учтены в результате измерения их массы  $m$  или объёма  $V$ . При этом известно [103], что

$$m = V \cdot \rho, \quad (13)$$

где  $\rho$  – плотность элемента ТСМ.

Поскольку масса потерь ТСМ может быть найдена как при её измерении (взвешивании), так и при вычислении, если известны  $V$  и  $\rho$ , то

для расширения возможностей экспериментального исследования, а также из практических соображений в дальнейшем примем во внимание оба эти варианта.

Формирование общего количества потерь ТСМ при ТО тракторов показано на рисунке 5, и которого следует, что к потерям ТСМ (их элементам) относятся свежие масла, например, моторные, трансмиссионные и масла для гидросистем, а также дизельное топливо.

В общем виде суммарная масса потерь ТСМ при ТО тракторов может быть выражена формулой

$$M_{ij} = \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad (14)$$

или с учётом их элементов (в развёрнутом виде) –

$$M_{ij} = m_{СМij} + m_{ДТi}, \quad (15)$$

где  $M_{ij}$  – суммарная масса потерь по  $j$ -виду ТСМ при выполнении  $i$ -вида обслуживающего воздействия;

$m_{СМij}$ ,  $m_{ОМij}$  – масса потерь свежих масел  $j$ -вида ТСМ при выполнении  $i$ -вида обслуживающего воздействия;

$m_{ДТi}$  – масса потерь дизельного топлива при проведении того же вида обслуживающего воздействия.

Аналогичным образом представляется возможным определить массу потерь ТСМ в соответствии с формулой (13) – через объем ТСМ  $V$ . Приняв это во внимание, а также уравнение (15), получим

$$M_{ij} = V_{СМij} \rho_{СМ} + V_{ДТi} \rho_{ДТ}, \quad (16)$$

где  $V_{СМij}$ ,  $V_{ОМij}$  – суммарный объем потерь свежих масел  $j$ -вида ТСМ при выполнении  $i$ -вида обслуживающего воздействия;

$V_{ДТi}$  – суммарный объем потерь дизельного топлива при проведении того же вида обслуживающего воздействия;

$\rho_{СМ}$ , – плотность свежих масел;

$\rho_{ДТ}$  – плотность дизельного топлива.

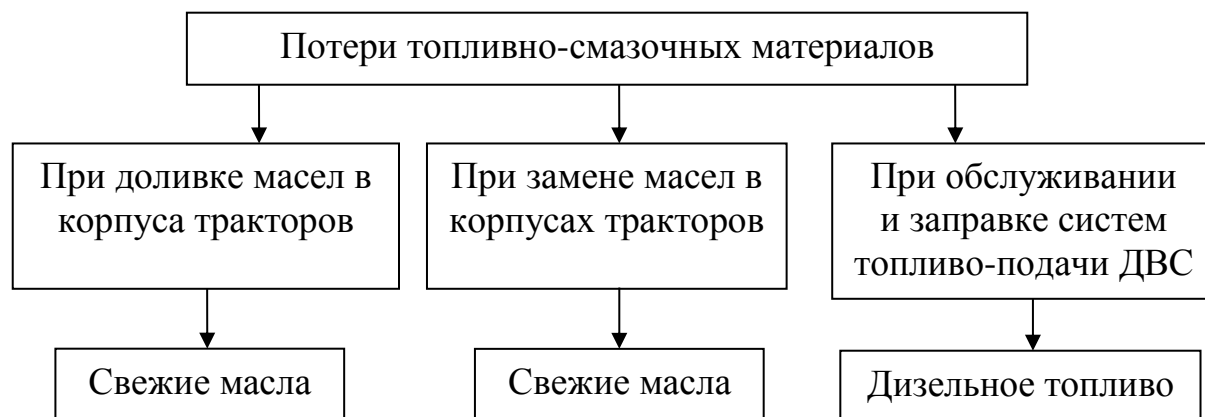


Рисунок 5 – Виды потерь ТСМ при техническом обслуживании тракторов и их элементы (состав)

Если принять, что плотность  $\rho$  всех ТСМ имеет одно и то же значение, например среднее, полученное при измерении плотности свежих масел  $\rho_{СМ}$ , и дизельного топлива  $\rho_{ДТ}$ , то уравнение (16) примет вид:

$$M_{ij} = \sum_{j=1}^n V_{Cij} \rho_{ТСМ}, \quad (17)$$

или

$$M_{ij} = (V_{СМij} + V_{ДТi}) \rho_{ТСМ} \quad (18)$$

$$\text{при } \rho_{СМ} = \rho_{ДТ} = \rho_{ТСМ}, \quad (19)$$

где  $V_{Cij}$  – суммарный объем потерь по  $j$ -виду ТСМ при выполнении  $i$ -вида обслуживающего воздействия;  $\rho_{ТСМ}$  – средняя плотность ТСМ.

Следует отметить, что такое допущение (18) возможно, поскольку плотность ТСМ находится примерно на одном уровне: плотность моторных масел – от 750 до 995 кг/м<sup>3</sup> (при 20 °С), трансмиссионных – от 800 до 950, плотность летнего и зимнего топлива – соответственно 860 и 840 кг/м<sup>3</sup>. Полученные результаты математического описания сведены в таблицу 3, где в графе «Математическое описание показателей» буквами «а» и «б»

обозначены варианты формул для определения массы потерь ТСМ при взвешивании их массы и измерении объёма.

Таблица 3 – Математическое описание элементов потерь ТСМ и их общего количества

Наименование показателей	Математическое описание показателей
1. Масса потерь ТСМ в общем виде	а) $M_{ij} = \sum_{j=1}^n m_{ij}$ , (20)
	б) $M_{ij} = \sum_{j=1}^n V_{cij} \rho_{ТСМ}$ (21)
2. Масса потерь ТСМ с учётом их элементов (в развёрнутом виде)	а) $M_{ij} = m_{СМij} + m_{ДТij}$ , (22)
	б) $M_{ij} = V_{СМij} \rho_{СМ} + V_{ДТij} \rho_{ДТ}$ (23)
	или $M_{ij} = (V_{СМij} + V_{ДТij}) \rho_{ТСМ}$ (24)

Таким образом, на основе проведённого анализа состава потерь ТСМ и их обобщения получены математические описания суммарного количества потерь ТСМ как в общем виде, так и с учётом их элементов, причём в двух вариантах – при их взвешивании массы и измерении объёма. При этом учтены потери свежих масел – при их доливке в агрегаты тракторов и при их замене, а также потери дизельного топлива – при обслуживании систем топливоподачи дизельных двигателей. Полученные результаты проведённого математического описания в дальнейшем (на этапе теоретического исследования) будут приняты во внимание при составлении математической модели.

## 2.4 Обоснование и математическое описание сравнительной базы для формирования математической модели

Под сравнительной базой (или базой сравнения) будем понимать такие значения показателей, которые могут быть признаны желаемыми (выбраны лучшими из имеющихся на практике) и (или) установлены в качестве допускаемых. Пусть для примера за сравнительную базу принято  $V_d$  – базовое (допускаемое) значение потерь по одному из видов топливно-смазочных материалов (ТСМ) при выполнении одного какого-либо обслуживающего воздействия. При этом потери учтены в виде их массы или объёма. Найдём его математическое описание на основе теории вероятностей и математической статистики [6, 14, 73, 120, 125, 160, 162].

При определении  $V_d$  будем исходить из следующих соображений. Понимая, с одной стороны, что пролив ТСМ никак не допустим, а с другой стороны, зная, что пролив ТСМ, который может быть учтён потерями ТСМ, есть следствие отказа человеко-машинной системы (ЧМС), примем для начала, что данное событие совершается по нормальному закону распределения Гаусса (Рисунок 6).

Приняв, что события, связанные с проливом ТСМ (например, потери ТСМ при выполнении отдельной смазочно-заправочной операции или вида технического обслуживания) наиболее ближе согласуются с законом Гаусса и применяя статистический метод [50], из рисунка 6 можно записать

$$V_d = \bar{V} - 3\sigma_{\bar{V}}, \quad (25)$$

где  $\bar{V}$  и  $\sigma_{\bar{V}}$  – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение выборки из генеральной совокупности случайной величины потерь ТСМ  $V$ .

В результате будет найдена сравнительная база  $V_d$  при доверительной вероятности, равной не менее 0,99 [120, с. 12]. Получается, что при обосновании сравнительной базы по  $V_d$  имеет место допущение о том, что при выполнении смазочно-заправочных операций все-таки допускаются

минимальные потери ТСМ. Такое допущение вполне согласуется с теорией вероятностей и теорией надёжности тракторов, поскольку вероятность безотказной работы практически не может быть равна единице.

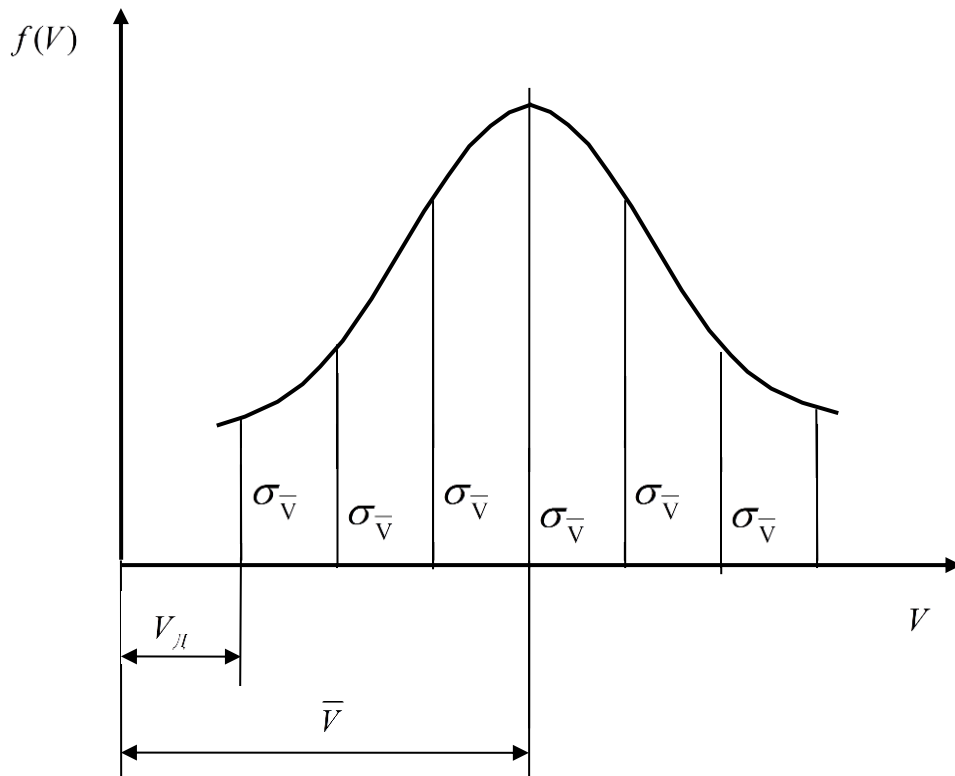


Рисунок 6 – Графическая интерпретация определения сравнительной базы для оценки потерь ТСМ  $V_d$ :  $f(V)$ ,  $\bar{V}$ ,  $\sigma_{\bar{V}}$  – дифференциальная функции плотности распределения, математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение случайной величины  $V$

Сравнительная база потерь ТСМ  $V_d$  найдена в общем виде (25). Теперь перепишем это уравнение (25) с учётом видов потерь ТСМ и обслуживающих воздействий, при которых они могут быть –

$$X_{дij} = \bar{X}_{ij} - 3\sigma_{\bar{X}_{ij}}, \quad (26)$$

где  $X_{дij}$  – допускаемое значение потерь по  $j$ -виду ТСМ при выполнении  $i$ -вида обслуживающего воздействия (операции ТО, вида ТО или цикла ТО);

$\bar{X}_{ij}$ ,  $\sigma_{\bar{X}_{ij}}$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение случайной величины  $X_{ij}$ .

Принимая во внимание (26), по аналогии с (6)-(9) запишем допускаемые базовые значения удельного суммарного показателя по видам ТО – соответственно по ЕТО  $X_{BqEOj}$ , ТО-1  $X_{BqT1j}$ , ТО-2  $X_{BqT2j}$  и ТО-3  $X_{BqT3j}$ :

$$X_{BqEOj} = \frac{\bar{X}_{EOj} - 3\sigma_{\bar{X}_{EOj}}}{\tau_{EO}}, \quad (27)$$

$$X_{BqT1j} = \frac{\bar{X}_{T1j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T1j}}}{\tau_{T1}}, \quad (28)$$

$$X_{BqT2j} = \frac{\bar{X}_{T2j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T2j}}}{\tau_{T2}}, \quad (29)$$

$$X_{BqT3j} = \frac{\bar{X}_{T3j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T3j}}}{\tau_{T3}}, \quad (30)$$

где  $X_{BqEOj}$ ,  $X_{BqT1j}$ ,  $X_{BqT2j}$ ,  $X_{BqT3j}$  – допускаемые базовые значения удельного суммарного показателя потерь ТСМ по ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\bar{X}_{EOj}$ ,  $\bar{X}_{T1j}$ ,  $\bar{X}_{T2j}$ ,  $\bar{X}_{T3j}$  – средние значения (математические ожидания) показателя по  $j$ -виду потерь ТСМ при реализации этих же видов ТО;

$\sigma_{\bar{X}_{EOj}}$ ,  $\sigma_{\bar{X}_{T1j}}$ ,  $\sigma_{\bar{X}_{T2j}}$ ,  $\sigma_{\bar{X}_{T3j}}$  – средние квадратические отклонения  $\bar{X}_{EOj}$ ,  $\bar{X}_{T1j}$ ,  $\bar{X}_{T2j}$ ,  $\bar{X}_{T3j}$ ;  $\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$ ,  $\tau_{T3}$  – наработка тракторов между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3.

Учитывая (27)-(30), по аналогии с (12) запишем допускаемые базовые значения удельного суммарного показателя за цикл ТО, кратный ТО-3  $X_{Bq\Pi j}$  и ТО-2  $X_{Bq\Pi j}$  (для оценки потерь по  $j$ -виду ТСМ при ТО в стационарных условиях (на пункте ТО) и в полевых условиях (на местах работы тракторов):

$$X_{Bq\Pi j} = \frac{\bar{X}_{EOj} - 3\sigma_{\bar{X}_{EOj}}}{\tau_{EO}} + \frac{\bar{X}_{T1j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T1j}}}{\tau_{T1}} + \frac{\bar{X}_{T2j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T2j}}}{\tau_{T2}} + \frac{\bar{X}_{T3j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T3j}}}{\tau_{T3}}, \quad (31)$$

$$X_{Bq\Pi j} = \frac{\bar{X}_{EOj} - 3\sigma_{\bar{X}_{EOj}}}{\tau_{EO}} + \frac{\bar{X}_{T1j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T1j}}}{\tau_{T1}} + \frac{\bar{X}_{T2j} - 3\sigma_{\bar{X}_{T2j}}}{\tau_{T2}}, \quad (32)$$

где  $X_{БqЦj}$ ,  $X_{БqПj}$  – допускаемое базовое значение удельного суммарного показателя по  $j$ -виду ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3 и ТО-2.

Таким образом, на основе теории вероятностей и математической статистики дано обоснование сравнительной базы для формирования математической модели и выполнено ее математическое описание, представляющее собой допускаемые базовые значения удельного суммарного показателя, характеризующего потери ТСМ по видам ТО (ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3), по которым затем найдены аналогичные показатели по циклам, кратным ТО-3 и ТО-2 – для стационарных и полевых условий ТО тракторов.

## **2.5 Математическая модель оценки потерь топливно-смазочных материалов при выполнении технического обслуживания тракторов**

### **2.5.1 Математическая модель на основе определительных статистических испытаний контролируемой тракторов в процессе технического обслуживания**

Показатель потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) представлены уравнениями (4) и (5), в соответствии с которыми представляется возможным сформировать математическую модель на основе сравнения измеренных и базовых показателей. Для этого в формулу (4) подставим измеренное  $X_{ИqЦj}$  (12) и базовое  $X_{БqЦj}$  (29) значения показателей, в которые затем вместо  $X$  подставим соответствующие значения  $M$  (Таблица 4), приняв их за математические ожидания, и получим математическую модель в развернутом виде для цикла ТО, кратного ТО-3 –

$$K_1 = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{T3}^K}}{\tau_{T3}}} \quad (33)$$



при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{DT-EO}^K, \quad (34)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{DT-T1}^K, \quad (35)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{DT-T2}^K, \quad (36)$$

$$\overline{M}_{T3}^K = \overline{M}_{CM-T3}^K + \overline{M}_{DT-T3}^K, \quad (37)$$

при граничных значениях  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0, \overline{M}_{T1}^K \geq 0, \overline{M}_{T2}^K \geq 0, \overline{M}_{T3}^K \geq 0, 3\sigma_{\overline{M}_{EO}^K} < \overline{M}_{EO}^K, 3\sigma_{\overline{M}_{T1}^K} < \overline{M}_{T1}^K, 3\sigma_{\overline{M}_{T2}^K} < \overline{M}_{T2}^K, 3\sigma_{\overline{M}_{T3}^K} < \overline{M}_{T3}^K, \tau_{EO} > 0, \tau_{T1} > 0, \tau_{T2} > 0, \tau_{T3} > 0;$

где  $K_1$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный на основе определительных статистических испытаний контролируемого трактора;

$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  – математические ожидания (здесь и далее под математическими ожиданиями также будем понимать средние значения) потерь всех видов ТСМ контролируемого трактора при выполнении ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T1}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T2}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T3}^K}$  – средние квадратические отклонения  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K$  и  $\overline{M}_{T3}^K$ ;

$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  – наработка между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K; \overline{M}_{OM-EO}^K, \overline{M}_{OM-T1}^K, \overline{M}_{OM-T2}^K, \overline{M}_{OM-T3}^K; \overline{M}_{DT-EO}^K, \overline{M}_{DT-T1}^K, \overline{M}_{DT-T2}^K, \overline{M}_{DT-T3}^K$  – математические ожидания массы потерь свежих масел, а также массы потерь дизельного топлива (соответственно с подстрочными буквами «СМ» и «ДТ») при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3.

Поступая аналогичным образом и принимая во внимание в (33) только данные по ЕТО, ТО-1 и ТО-2, получим математическую модель в развёрнутом виде для цикла ТО, кратного ТО-2 –

$$K_{1-1} = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K - 3\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}}{\tau_{T2}}} \quad (38)$$

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \quad (39)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \quad (40)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \quad (41)$$

при граничных значениях  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T1}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T2}^K \geq 0$ ,  $3\sigma_{\overline{M}_{EO}^K} < \overline{M}_{EO}^K$ ,  $3\sigma_{\overline{M}_{T1}^K} < \overline{M}_{T1}^K$ ,  $3\sigma_{\overline{M}_{T2}^K} < \overline{M}_{T2}^K$ ,  $\tau_{EO} > 0$ ,  $\tau_{T1} > 0$ ,  $\tau_{T2} > 0$ ;

где  $K_{1-1}$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный на основе определительных статистических испытаний контролируемого трактора;

$\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$ ,  $\overline{M}_{T2}^K$  – математические ожидания массы потерь всех видов ТСМ соответственно при ЕТО, ТО-1 и ТО-2;  $\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}$  – средние квадратические отклонения  $\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$  и  $\overline{M}_{T2}^K$ ;

$\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$  – наработка между ЕТО, периодичность ТО-1 и ТО-2.

## 2.5.2 Математическая модель на основе статистических испытаний в процессе технического обслуживания контролируемой тракторов и тракторов с наименьшими потерями топливно-смазочных материалов

Для получения математической модели в данном варианте представим знаменатель дроби уравнения (6) по аналогии с ее числителем и примем найденное выражение за удельный суммарный показатель потерь ТСМ с аналогом трактором, имеющей наименьшие потери ТСМ при её обслуживании:

$$\overline{M}_{qц}^A = \frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^A}{\tau_{T3}}, \quad (42)$$

где  $\overline{M}_{qц}^A$  – математическое ожидание удельных суммарных потерь ТСМ аналога трактора с наименьшими потерями за цикл ТО, кратный ТО-3;  $\overline{M}_{EO}^A$ ,  $\overline{M}_{T1}^A$ ,  $\overline{M}_{T2}^A$ ,  $\overline{M}_{T3}^A$  – математические ожидания потерь ТСМ при выполнении ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 трактора-аналога с наименьшими потерями ТСМ. Полученное выражение (42) соответствует правой части уравнения (12).

Для создания модели с учетом улучшенной комфортности ее восприятия удельный суммарный показатель потерь ТСМ контролируемого трактора представим по аналогии с (42) –

$$\overline{M}_{qц}^K = \frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\tau_{T3}}, \quad (43)$$

где  $\overline{M}_{qц}^K$  – математическое ожидание удельных суммарных потерь ТСМ контролируемого трактора за цикл ТО, кратный ТО-3;  $\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$ ,  $\overline{M}_{T2}^K$ ,  $\overline{M}_{T3}^K$  – математические ожидания потерь ТСМ контролируемого трактора при выполнении ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3.

Принимая  $\overline{M}_{qц}^A$  за базовый показатель, а  $\overline{M}_{qц}^K$  за контролируемый (или измеряемый) в соответствии с (4) и по аналогии с (22) получим математическую модель оценки потерь ТСМ тракторов при его обслуживании за цикл, кратный ТО-3, которая имеет вид:

$$K_2 = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^A}{\tau_{T3}}} \quad (44)$$

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \quad (45)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \quad (46)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \quad (47)$$

$$\overline{M}_{T3}^K = \overline{M}_{CM-T3}^K + \overline{M}_{ДГ-T3}^K, \quad (48)$$

$$\overline{M}_{EO}^A = \overline{M}_{CM-EO}^A + \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \quad (49)$$

$$\overline{M}_{T1}^A = \overline{M}_{CM-T1}^A + \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \quad (50)$$

$$\overline{M}_{T2}^A = \overline{M}_{CM-T2}^A + \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \quad (51)$$

$$\overline{M}_{T3}^A = \overline{M}_{CM-T3}^A + \overline{M}_{ДГ-T3}^A, \quad (52)$$

при  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0, \overline{M}_{T1}^K \geq 0, \overline{M}_{T2}^K \geq 0, \overline{M}_{T3}^K \geq 0, \overline{M}_{EO}^A \geq 0, \overline{M}_{T1}^A \geq 0, \overline{M}_{T2}^A \geq 0, \overline{M}_{T3}^A \geq 0,$   
 $\tau_{EO} > 0, \tau_{T1} > 0, \tau_{T2} > 0, \tau_{T3} > 0;$

где  $K_2$  - коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный при сравнении показателей контролируемого трактора и её аналога с наименьшими потерями ТСМ;  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  - математические ожидания массы потерь ТСМ всех видов соответственно при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по контролируемому трактору;  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  - тоже по трактору-аналогу;

$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  - наработка между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3;  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K; \overline{M}_{OM-EO}^K, \overline{M}_{OM-T1}^K, \overline{M}_{OM-T2}^K, \overline{M}_{OM-T3}^K; \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \overline{M}_{ДГ-T3}^K$  - математические ожидания массы потерь свежих масел, а также дизельного топлива при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 контролируемого трактора;

$\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A, \overline{M}_{OM-EO}^A, \overline{M}_{OM-T1}^A, \overline{M}_{OM-T2}^A, \overline{M}_{OM-T3}^A, \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \overline{M}_{ДГ-T3}^A$  - тоже по трактору-аналогу.

Принимая во внимание в уравнении (44) только данные по ЕТО, ТО-1 и ТО-2, получим аналогичную математическую модель для цикла ТО, кратного ТО-2, которая имеет вид:

$$K_{2-2} = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}}} \quad (53)$$

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \quad (54)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \quad (55)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \quad (56)$$

$$\overline{M}_{EO}^A = \overline{M}_{CM-EO}^A + \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \quad (57)$$

$$\overline{M}_{T1}^A = \overline{M}_{CM-T1}^A + \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \quad (58)$$

$$\overline{M}_{T2}^A = \overline{M}_{CM-T2}^A + \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \quad (59)$$

при граничных значениях  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T1}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T2}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{EO}^A \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T1}^A \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T2}^A \geq 0$ ,  $\tau_{EO} > 0$ ,  $\tau_{T1} > 0$ ,  $\tau_{T2} > 0$ ,  $\tau_{T3} > 0$ ;

где  $K_{2-2}$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный при сравнении показателей контролируемого трактора и его аналога с наименьшими потерями ТСМ.

Следует также отметить, что варианты модели (44) и (53) с целью уменьшения объёма экспериментальных работ или при отсутствии необходимости могут быть реализованы без учёта видов потерь ТСМ, представленных в правых частях уравнений (45)-(52).

### 2.5.3 Математическая модель на основе учёта количества смазочно-заправочных операций контролируемого трактора и трактора с их наименьшим количеством

В основу получения математической модели в заявленном варианте положим математическую модель (44). Для этого на первом этапе представим  $\overline{M}_{EO}^A$ ,  $\overline{M}_{T1}^A$ ,  $\overline{M}_{T2}^A$ ,  $\overline{M}_{T3}^A$ , а также  $\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$ ,  $\overline{M}_{T2}^K$ ,  $\overline{M}_{T3}^K$  в виде произведений:

$$\overline{M}_{EO}^A = n_{EO}^A \cdot \overline{m}_{EO}^A, \quad (60)$$

$$\overline{M}_{T1}^A = n_{T1}^A \cdot \overline{m}_{T1}^A, \quad (61)$$

$$\overline{M}_{T2}^A = n_{T2}^A \cdot \overline{m}_{T2}^A, \quad (62)$$

$$\overline{M}_{T3}^A = n_{T3}^A \cdot \overline{m}_{T3}^A, \quad (63)$$

$$\overline{M}_{EO}^K = n_{EO}^K \cdot \overline{m}_{EO}^K, \quad (64)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = n_{T1}^K \cdot \overline{m}_{T1}^K, \quad (65)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = n_{T2}^K \cdot \overline{m}_{T2}^K, \quad (66)$$

$$\overline{M}_{T3}^K = n_{T3}^K \cdot \overline{m}_{T3}^K, \quad (67)$$

где  $n_{EO}^A, n_{T1}^A, n_{T2}^A, n_{T3}^A; n_{EO}^K, n_{T1}^K, n_{T2}^K, n_{T3}^K$  – число смазочно-заправочных операций ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 трактора-аналога, имеющей наименьшие потери ТСМ при ТО или наименьшее число СЗО, и контролируемого трактора;

$\overline{m}_{EO}^A, \overline{m}_{T1}^A, \overline{m}_{T2}^A, \overline{m}_{T3}^A; \overline{m}_{EO}^K, \overline{m}_{T1}^K, \overline{m}_{T2}^K, \overline{m}_{T3}^K$  – средняя масса потерь ТСМ при выполнении операций ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 трактора-аналога и контролируемого трактора.

Поскольку по обоим тракторам рассматривается один и тот же показатель – потери ТСМ при ТО тракторов, например, а сравнение тракторов по этому показателю осуществляется в идентичных условиях, то можно сделать следующее допущение

$$\overline{m}_{EO}^A = \overline{m}_{T1}^A = \overline{m}_{T2}^A = \overline{m}_{T3}^A = \overline{m}_{EO}^K = \overline{m}_{T1}^K = \overline{m}_{T2}^K = \overline{m}_{T3}^K = \overline{m}_j, \quad (68)$$

где  $\overline{m}_j$  – средняя масса потерь ТСМ по  $\overline{m}_{EO}^A, \overline{m}_{T1}^A, \overline{m}_{T2}^A, \overline{m}_{T3}^A; \overline{m}_{EO}^K, \overline{m}_{T1}^K, \overline{m}_{T2}^K, \overline{m}_{T3}^K$

С учётом этого уравнения (60)-(67) примут вид:

$$\overline{M}_{EO}^A = n_{EO}^A \cdot \overline{m}_j, \quad (69)$$

$$\overline{M}_{T1}^A = n_{T1}^A \cdot \overline{m}_j, \quad (70)$$

$$\overline{M}_{T2}^A = n_{T2}^A \cdot \overline{m}_j, \quad (71)$$

$$\overline{M}_{T3}^A = n_{T3}^A \cdot \overline{m}_j, \quad (72)$$

$$\overline{M}_{EO}^K = n_{EO}^K \cdot \overline{m}_j, \quad (73)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = n_{T1}^K \cdot \overline{m}_j, \quad (74)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = n_{T2}^K \cdot \overline{m}_j, \quad (75)$$

$$\overline{M}_{T3}^K = n_{T3}^K \cdot \overline{m}_j. \quad (76)$$

Теперь подставим (69)-(76) в (44) и после несложных преобразований получим искомую математическую модель, которая для стационарных условий ТО имеет следующий вид:

$$K_3 = \frac{\frac{n_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{n_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{n_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{n_{T3}^A}{\tau_{T3}}} \quad (77)$$

при граничных значениях  $n_{EO}^K \geq 0$ ,  $n_{T1}^K \geq 0$ ,  $n_{T2}^K \geq 0$ ,  $n_{T3}^K \geq 0$ ,  $n_{EO}^A \geq 0$ ,  $n_{T1}^A \geq 0$ ,  $n_{T2}^A \geq 0$ ,  $n_{T3}^A \geq 0$ ,  $\tau_{EO} > 0$ ,  $\tau_{T1} > 0$ ,  $\tau_{T2} > 0$ ,  $\tau_{T3} > 0$ ;

где  $K_3$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный при сравнении числа смазочно-заправочных операций контролируемого трактора и его аналога.

Приняв в уравнении (76) только данные по ЕТО, ТО-1 и ТО-2, получим аналогичную математическую модель для цикла ТО, кратного ТО-2, которая имеет вид:

$$K_{3-3} = \frac{\frac{n_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{n_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^A}{\tau_{T2}}} \quad (78)$$

при граничных значениях  $n_{EO}^K \geq 0$ ,  $n_{T1}^K \geq 0$ ,  $n_{T2}^K \geq 0$ ,  $n_{EO}^A \geq 0$ ,  $n_{T1}^A \geq 0$ ,  $n_{T2}^A \geq 0$ ,  $\tau_{EO} > 0$ ,  $\tau_{T1} > 0$ ,  $\tau_{T2} > 0$ ,  $\tau_{T3} > 0$ ;

где  $K_{3-3}$  - коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный при сравнении числа смазочно-заправочных операций контролируемого трактора и его аналога.

Вариант модели (77)-(78) получен при допущении о том, что средняя масса потерь ТСМ, вычисленная в расчёте на одну операцию, как по испытываемому трактору, так и по трактору с наименьшими потерями ТСМ при ТО, одна и та же.

Получена математическая модель, позволяющая определить уровень потерь ТСМ в виде коэффициента, причем в трех вариантах: первый – на основе сравнения измеренных и допускаемых показателей –  $K_1$  (33)-(38),

второй – в результате сравнения показателей контролируемого трактора и его аналога с наименьшими потерями ТСМ –  $K_2$  (44)-(53), третий – при сравнении числа смазочно-заправочных операций контролируемого трактора с теми же операциями по трактору с наименьшими потерями ТСМ –  $K_3$  (77)-(78).

Возвращаясь к начальному этапу теоретического исследования, далее следует отметить, что при известных  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  в соответствии с уравнением (4) можно найти измеренные или контролируемые значения потерь ТСМ при ТО тракторов по формулам, например, за цикл ТО, кратный ТО-3:

$$M_{qц} = K_1 M_{qд}, \quad (79)$$

$$M_{qц} = K_2 M_{qд}, \quad (80)$$

$$M_{qц} = K_3 M_{qд}, \quad (81)$$

где  $M_{qц}$  – удельные суммарные потери ТСМ за цикл ТО, кг/моточ;

$M_{qд}$  – удельные суммарные допускаемые значения потерь ТСМ за цикл ТО, кг/моточ.

Далее. Если умножить правые части уравнений (79)-(81) на наработку тракторов, равную периодичности ТО-3, то получим суммарные потери ТСМ за цикл ТО. Если умножить эти же части уравнений на произвольную наработку, то в результате получим суммарные потери ТСМ за период этой наработки, например:

$$M_{\tau} = K_1 M_{qд} \tau, \quad (82)$$

$$M_{\tau} = K_2 M_{qд} \tau, \quad (83)$$

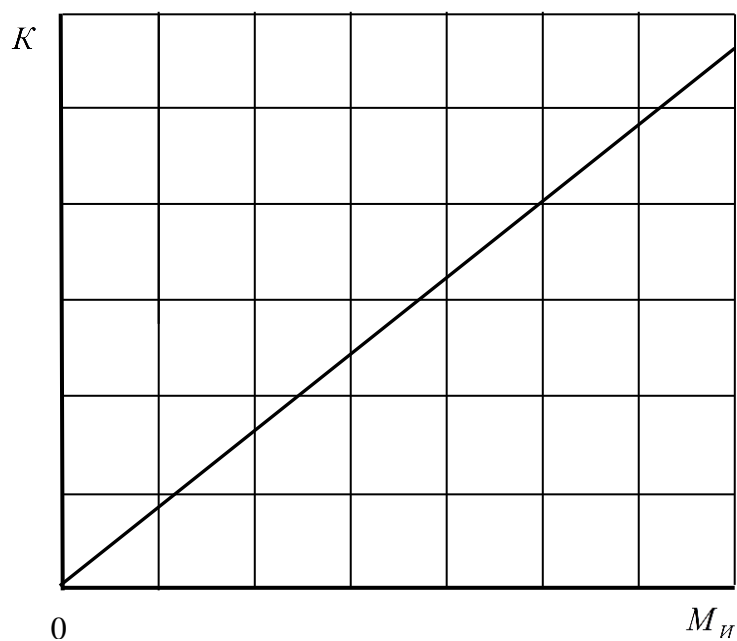
$$M_{\tau} = K_3 M_{qд} \tau, \quad (84)$$

где  $M_{\tau}$  – суммарные потери ТСМ при ТО тракторов за произвольный период наработки  $\tau$ .

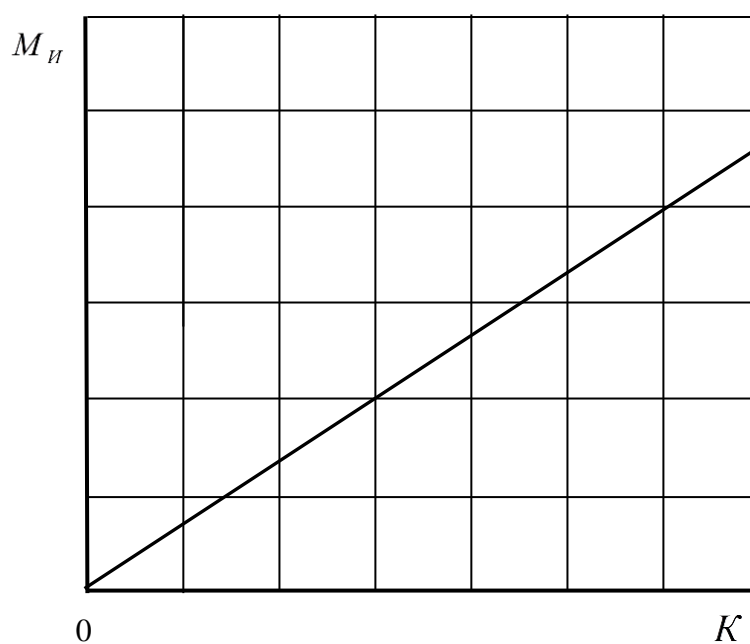
Полученная математическая модель проиллюстрирована графически на рисунке 7. Для этого все ее варианты сведены к одной упрощенной форме,



представленной уравнениями (4), которые показаны соответственно на рисунках 7а и 7б при постоянном значении условно допускаемых (базового показателя) потерь ТСМ  $M_B$ .



а



б

а – коэффициента потерь ТСМ  $K$  от их измеренной массы  $M_И$ ;

б – измеренной массы потерь ТСМ  $M_И$  от коэффициента потерь  $K$

Рисунок 7 – Графическая иллюстрация математической модели – зависимости при постоянном значении допускаемых потерь ТСМ  $M_B$

Из рисунка 7 следует, что при постоянном значении допускаемых потерь ТСМ  $M_B$  зависимости коэффициента потерь ТСМ  $K$  от их измеренной массы  $M_{II}$ , а также измеренной массы потерь ТСМ  $M_{II}$  от коэффициента потерь  $K$  имеют прямолинейную (прямо пропорциональную) зависимость, которая имеет вид:

$$y = kx, \quad (85)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности,  $x$  – аргумент.

При этом если допускаемые потери ТСМ  $M_B$  определены как удельные суммарные показатели за цикл обслуживания, кратный ТО-3, то суммарные потери ТСМ за некоторый произвольный период наработки  $\tau$  в функции от  $M_B$ ,  $K$  и  $\tau$  (они представлены уравнениями (81)-(83) в общем виде также имеют прямо пропорциональную зависимость  $y = kx$  (85).

Уравнения (81)-(83) могут быть применены для расчётов потерь ТСМ  $M_\tau$  за произвольный период наработки  $\tau$  при условии, что процесс ТО включает в себя все виды обслуживаний – ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Для обеспечения корректности вычисления  $M_\tau$  значения показателей  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и  $M_{qд}$  также должны быть определены с учётом реализации всех видов обслуживания цикла ТО. Это положение в равной степени относится и к применению коэффициентов  $K_{1-1}$ ,  $K_{2-2}$  и  $K_{3-3}$ .

## **2.6 Анализ математической модели процесса ТО тракторов с учетом потерь ТСМ и выбор ее вариантов**

В процессе теоретического исследования реализовано два методических подхода к получению модели: а) на основе статистических испытаний в процессе технического обслуживания (ТО) контролируемого трактора – получен один экспериментально-расчётный вариант модели (подраздел 2.5.1); б) на основе статистических испытаний в процессе ТО и учёта числа смазочно-заправочных операций контролируемого трактора с

теми же данными по трактору с наименьшими потерями ТСМ – получено два варианта модели: экспериментально-расчётный (подраздел 2.5.2) и расчётный (подраздел 2.5.3).

Для наглядности названные методические подходы и варианты математических моделей представлены графически на рисунке 8.

Общим для обоих подходов является то, что в их основу положен метод сравнения (сопоставления) показателей, характеризующих потери ТСМ при ТО.



Рисунок 8 – Математическое моделирование процесса ТО тракторов с учетом потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ): методические подходы к разработке математической модели и ее варианты

Результаты анализа – в таблице 4, где цифровое обозначение моделей дано по тексту. Из таблицы 4 следует, что каждый вариант предусматривает оценку потерь ТСМ при ТО как в стационарных, так и полевых условиях его проведения.

При этом оценка потерь ТСМ при ТО в стационарных условиях более сложная, чем в полевых, что обусловлено необходимостью учета данных по ТО-3.

Таблица 4 – Результаты анализа вариантов математической модели

Варианты математической модели	Исходные данные как факторы, характеризующие сложность модели:	
	экспериментальные	нормативно-технические
1. На основе статистических испытаний в процессе ТО контролируемых тракторов		
а) экспериментально-расчетный вариант		
$K_1$ (33)-(37) – для оценки потерь ТСМ при ТО на стационаре	$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K;$ $\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T1}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T2}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T3}^K}$	$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$
$K_{1-1}$ (38)-(41) – для оценки потерь ТСМ при ТО в полевых условиях	$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K;$ $\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T1}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T2}^K}$	$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}$
2. При сравнении результатов статистических испытаний в процессе ТО или числа смазочно-заправочных операций контролируемых тракторов с теми же данными по трактору с наименьшими потерями ТСМ		
а) экспериментально-расчетный вариант		
$K_2$ (44)-(52) – для оценки потерь ТСМ при ТО на стационаре	$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K;$ $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$	$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$

$K_{2-2}$ (53)-(59) – для оценки потерь ТСМ при ТО в полевых условиях	$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K;$ $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A$	$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}$
б) расчетный вариант		
$K_3$ (76) – для оценки потерь ТСМ при ТО на стационаре	Получение экспериментальных данных не требуется	$n_{EO}^K, n_{T1}^K, n_{T2}^K, n_{T3}^K;$ $n_{EO}^A, n_{T1}^A, n_{T2}^A, n_{T3}^A;$ $\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$
$K_{3-3}$ (77) – для оценки потерь ТСМ при ТО в полевых условиях	Получение экспериментальных данных не требуется	$n_{EO}^K, n_{T1}^K, n_{T2}^K;$ $n_{EO}^A, n_{T1}^A, n_{T2}^A;$ $\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}$
Примечание – Цифровое обозначение формул дано по тексту.		

Из всех вариантов наиболее сложным является экспериментально-расчётный вариант модели (33)-(38) для стационарных условий, полученный на основе сравнения измеренных значений показателей, характеризующих потери ТСМ, с их допускаемыми значениями. Для его реализации требуется 8 экспериментальных параметров, полученных на основе определительных статистических испытаний. На втором месте по сложности реализации находится экспериментально-расчётный вариант (44)-(53), найденный на основе сравнения с трактором, имеющей наименьшие потери ТСМ при ТО. Однако и здесь необходимо получение экспериментальных данных тоже по 8 параметрам, но они уже имеют вид только средних значений, то есть нахождение среднеквадратических отклонений не требуется. И, наконец, расчётный вариант (77): он по определению не предполагает получение

исходных опытных данных. Для его осуществления нужны лишь известные нормативно-технические данные: число смазочно-заправочных операций (или точек обслуживания), при выполнении которых возможны потери ТСМ, а также периодичность выполнения этих операций. Эти данные легко могут быть найдены в заводских руководствах по эксплуатации тракторов не требуют специального подтверждения.

Теперь перейдём к задаче обоснования и разработке метода оперативного контроля потерь ТСМ и технических средств для его осуществления при ТО тракторов.

При обосновании метода полагаем, что в качестве ТСМ используют дизельное моторное топливо, свежие моторные, трансмиссионные, гидравлические масла, а также специальные жидкости. Поэтому потери ТСМ возможны при операциях, связанных с заменой и пополнением их уровней в соответствующих ёмкостях трактора. Следовательно, в качестве таких операций нужно рассматривать те, которые предусмотрены к выполнению в системе ТО рассматриваемых моделей тракторов (Таблица А1).

Техническими средствами, предлагаемыми для измерения потерь ТСМ, нами рассматривается специальный экран-фиксатор, устанавливаемый под трактором в месте предполагаемой потери жидкости, а также средство измерения масс. Помимо этого, экран-фиксатор образует пятна, измерением которых и определяются их значения. После проведения ТО производят оценку наличия пятен на экране, образовавшихся от попадания на него материалов при обслуживании.

## Выводы

1. Определена математическая модель оценки потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) при ТО тракторов как в стационарных, так и полевых условиях его проведения. В общем виде полученная модель – это коэффициент потерь ТСМ – отношение измеренных показателей,

характеризующих потери ТСМ при ТО, к соответствующим допускаемым или базовым показателям. При постоянном значении допускаемых потерь ТСМ  $M_B$  зависимость коэффициента потерь ТСМ  $K$  от их измеренной массы  $M_H$ , а также зависимость измеренной массы потерь ТСМ  $M_H$  от коэффициента потерь  $K$  имеют прямолинейную (прямо пропорциональную) зависимость, которая имеет вид:  $y = kx$ , где  $k$  – коэффициент пропорциональности,  $x$  – аргумент. При этом если допускаемые потери ТСМ  $M_B$  определены как удельные суммарные показатели за цикл обслуживания, кратный ТО-3, то суммарные потери ТСМ за некоторый произвольный период наработки  $\tau$  в функции от  $M_B$ ,  $K$  и  $\tau$  в общем виде также имеют прямо пропорциональную зависимость  $y = kx$ .

2. В ходе теоретического исследования реализовано два методических направления к получению модели: а) на основе статистических испытаний в процессе ТО контролируемых тракторов; б) при сравнении результатов статистических испытаний в процессе ТО или числа смазочно-заправочных операций контролируемых тракторов с теми же данными по трактору с наименьшими потерями ТСМ.

3. Расчётный вариант модели разработан на основе экспериментально-расчётного, базирующегося на экспериментировании испытываемых тракторов и трактора с наименьшими потерями ТСМ. В основу его создания положено предположение о том, что среднее количество потерь ТСМ, вычисленное в расчёте на одну смазочно-заправочную операцию как по испытываемому трактору, так и по трактору-аналогу с наименьшим числом смазочно-заправочных операций, одно и то же.

4. Наиболее сложными вариантами модели являются экспериментально-расчётные. Для их практической реализации необходимо получение экспериментальных данных. Расчётный вариант наиболее простой: он не предполагает получение исходных опытных данных. Для его осуществления требуются лишь известные нормативно-технические данные:

число смазочно-заправочных операций (или точек обслуживания), при выполнении которых возможны потери ТСМ, а также их периодичность. Эти данные легко могут быть найдены в заводских руководствах по эксплуатации тракторов и не требуют специального подтверждения. В практическом смысле расчётный вариант является наиболее предпочтительным.

5. В целом, полученные результаты теоретического исследования в дальнейшем могут быть использованы при разработке методики экспериментального исследования, при совершенствовании процесса обслуживания, а также при обосновании методики оценки потерь ТСМ при ТО тракторов.



### **Глава 3. Методика экспериментального исследования**

#### **3.1 Программа экспериментального исследования**

Программа исследования предусматривает:

1. Разработка способов оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов.
  2. Сравнительные испытания способов оперативного контроля определения количества топливно-смазочных материалов на экране.
  3. Метод оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов в стационарных и полевых условиях.
  4. Методика обработки экспериментальных данных.
  5. Приборы и оборудование для проведения исследований
  6. Методика оценки погрешностей экспериментальных исследований
- Выполнение этапов – в соответствии с рисунком 9.

В методике по этапу 1 предусмотрена экспериментальная проверка на функционирование способов определения количества ТСМ на экране, а также проверка и уточнение условий применения этих способов. В частности, методика включает в себя: условия проверки, проверяемые свойства объектов, методы их проверки, повторность измерений и объем испытаний, а также критерии функционирования объектов.

В методике по этапу 2 представлен порядок проведения сравнительных испытаний способов определения количества ТСМ на экране с целью получения статистических оценок по погрешности и трудоемкости их практической реализации. Методика включает в себя: указание способов определения количества ТСМ на экране, условия и объем испытаний, порядок их проведения и учёта информации, а также математическую обработку экспериментальных данных.

В методике по этапу 3 предусмотрено определение показателей потерь ТСМ при ТО и содержит: методы оперативного контроля определения показателей потерь ТСМ при ТО тракторов; исходные данные и источники их получения; математический аппарат для вычисления показателей; марки тракторов, принятые для реализации методов; условия и объем испытаний; база данных; порядок проведения испытаний; обработку экспериментальных данных; оценку точности и достоверности определения показателей; оценку погрешности.



Рисунок 9 - Этапы экспериментального исследования

В основу обработки результатов экспериментальных исследований положены теории: вероятностей и математической статистики, анализа и синтеза, а также теория надёжности и планирования эксперимента.

### **3.2 Разработка способов оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов.**

Методика предусматривает экспериментальную проверку на функционирование способов определения количества потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) на экране, а также проверку и уточнение условий применения этих способов (Таблица 5). Методикой также определены состав ТСМ, технические средства и требования к ним, правила учёта и хранения информации.

Проверяемые свойства объектов, методы их проверки, а также критерии функционирования объектов – по таблице 5.

Число контрольных точек – не менее восьми [72] .

Повторность измерений и объем испытаний в каждой контрольной точке – не менее трех [72].

Правило принятия решений по результатам испытаний: решение принимается, если при трех испытаниях получено два одинаковых результата.

Принятие решений (выводов относительно правильного или неправильного функционирования проверяемых объектов) – на основании критериев функционирования (Таблица. 5).

Теперь перейдём к описанию свойств функционирования объектов, подлежащих проверке по таблице 5. Контролируемые параметры и контрольные точки при исследовании этих свойств – по таблице 6. При этом следует иметь в виду, что в таблице. 5 приведены только такие свойства, при исследовании которых требуется несколько контрольных точек.

Условия проверки – лабораторные, нормальные [72].

Принятие решений (выводов относительно правильного или неправильного функционирования проверяемых объектов) – на основании критериев функционирования (Таблица 5).

Дополнительные пояснения и требования к таблице 5.

Таблица 5 – Изучаемые свойства, методы их проверки и критерии функционирования объектов

Наименование свойств, подлежащих проверке	Методы проверки	Критерии функционирования
1. Способ определения количества ТСМ по удельной массе материала в пятне на экране		
1.1 Продолжительность выдержки пятна	Испытание, наблюдение, измерение	Отсутствие признаков роста пятна – увеличения его линейных размеров
1.2. Герметичность экрана	Испытание, Наблюдение	Протекание ТСМ через экран не наблюдается
1.3. Возможность изменения площади пятна после его выдержки	Испытание, Наблюдение	Прибор не загрязняется ТСМ, контур пятна хорошо просматривается через него
1.4. Погрешность определения удельной массы материала в пятне	Испытание, наблюдение, измерение	Относительная погрешность – не более $\pm 5\%$
2. Способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана		
2.1. Продолжительность выдержки пятна	Испытание, наблюдение, измерение	Отсутствие на пятне жидкости, не впитавшейся в экран
2.2. Герметичность экрана	По п. 1.2	По п. 1.2

2.3. Возможность взвешивания экрана на весах	Испытание, Наблюдение	Экран после подготовки размещается на весах, имеющих абсолютную погрешность не более 0,01 кг
----------------------------------------------	-----------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

Продолжительность выдержки пятна или экрана (Таблица 5) определяют для каждого способа, поскольку при этом предъявляются разные критерии функционирования.

При экспериментальной проверке способа определения количества ТСМ на основе удельной массы материала в пятне продолжительность выдержки пятна находят по отсутствию признаков роста пятна – по изменению его линейного размера в горизонтальном направлении. Для этого выдерживают пятна во времени, обеспечивая равную продолжительность выдержки. После каждой выдержки определяют измерительным прибором линейный размер пятна в горизонтальном направлении и сопоставляют его с предыдущим измерением. Для этого прочерчивают названное направление карандашом по измерительному прибору, отмечают точки пересечения краёв пятна с образовавшейся линией и находят расстояние между точками с точностью  $\pm 1$  мм. В завершение каждой следующей выдержки аналогичным образом получают новые точки, если они могут быть образованы по результатам роста пятна. Если результаты трёх последовательных измерений одинаковы (отличаются друг от друга в пределах  $\pm 3$  мм) [153], то полагают, что рост пятна завершён и по времени, с которого зафиксирована остановка роста, считают продолжительность выдержки пятна.

Материалы ТСМ, к которым относятся: масло моторное марки М8Г<sub>2</sub> или М8В<sub>2</sub>; топливо дизельное летнее марки Л-0,5-40 или зимнее З-0,5-минус 35 [136].

Требования к материалам: Моторное масло и дизельное топливо экспериментируют при температуре 18...22 °С.









7									
8									
2.2. Герметичность экрана – по п. 1.2 настоящей таблицы									
2.3. Возможность взвешивания экрана на весах – по п. 2.3. табл. 4									
Примечание – В данной таблице каждая строка, предназначенная для отражения информации, должна быть разделена на три строки – по числу наблюдений по параметру.									

Объем капель соответствовал контрольным точкам: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 мл. При этом общее время выдержки составило 1 ч. Замеры производили между контрольными точками, полученными в результате пересечения линий контура пятна (на рисунке 10 они нанесены вокруг пятна) и горизонтальной линии, выбранной для замеров данного параметра в горизонтальном направлении. Указанные точки наносили на линиях контура пятна по истечении 0,5 часа выдержки, после чего посредством измерительного прибора производили измерение расстояния между этими точками, как показано на рисунке 10. Следует отметить, что изложенная методика измерений линейного размера пятна приемлема для исследования пятна, образованного из свежего моторного масла и дизельного топлива.

При проверке способа определения количества ТСМ по изменению массы экрана продолжительность выдержки пятна устанавливают по факту отсутствия на пятне жидкости, не впитавшейся в экран после заданной выдержки по времени.

Погрешность определения удельной массы  $q_{Mi}$   $i$ -того материала в пятне определяли в следующем порядке.



Рисунок 10 – Фрагмент измерения размера пятна в горизонтальном направлении линейкой (ТСМ – свежее моторное масло)

Определили массу  $m_{Mi}$   $i$ -того материала (ТСМ) по зависимости

$$m_{Mi} = V_{Mi} \rho_{Mi}, \quad (86)$$

где  $V_{Mi}$  – объем ТСМ в  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{Mi}$  – плотность  $i$ -того материала,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (принимают по справочным данным).

Среднюю площадь пятна  $i$ -того материала определили по зависимости

$$\bar{S}_{\Pi i} = \frac{1}{n} \sum_1^n S_{\Pi i}, \quad (87)$$

где  $S_{\Pi i}$  – площадь пятна  $i$ -того материала в контрольной точке,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – число наблюдений (пятен) в этой точке.

Определили удельную массу  $q_{Mi}$  ТСМ по зависимости

$$q_{Mi} = \frac{m_{Mi}}{S_{\Pi i}}. \quad (88)$$

Среднее значение удельной массы по  $m$ -контрольным точкам (число контрольных точек  $m$  равно 8 [152]).

$$\bar{q}_{Mi} = \frac{1}{m} \sum_1^m q_{Mi}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_1^N x_i. \quad (89)$$

Среднее квадратическое отклонение –

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}. \quad (90)$$

Нижние  $m_H$  и верхние  $m_B$  доверительные границы определены по

$$m_H = \bar{x} - t_\alpha \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}, \quad (91)$$

$$m_B = \bar{x} + t_\alpha \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}, \quad (92)$$

где  $t_\alpha$  – квантиль распределения (критерий  $t$ ) Стьюдента при заданной доверительной вероятности  $\alpha$  ( $\alpha$  не менее 0,95) и числе степеней свободы  $K = m - 1$  [125].

### 3.3 Сравнительные испытания способов определения количества топливно-смазочных материалов на экране

Методика предусматривает проведение сравнительных испытаний способов определения потерь ТСМ с целью получения статистических оценок по погрешности и трудоемкости их практической реализации. Методика включает в себя: указание способов определения количества ТСМ на экране, условия и объем испытаний, порядок их проведения и учета информации, а также математическую обработку экспериментальных данных.

Способы определения количества ТСМ на экране. К ним относятся два способа: первый – на основе удельной массы материала в пятне ТСМ; второй – по изменению массы экрана при поступлении на его поверхность ТСМ. Для краткости дальнейшего изложения материала далее при необходимости будем называть эти способы соответствующим образом: способы А и Б.

Способ определения количества ТСМ совместно со средствами его реализации будем рассматривать как измерительное устройство (прибор), и основными метрологические характеристики будут погрешность и трудоемкость измерений. Исследование проводились при условиях – температура  $20 \pm 5$  °С, [58], в одной и той же лаборатории; идентичным

оборудованием теме же исполнителями с трёх кратной повторностью экспериментов [46].

Объем испытаний  $n$  (объем выборки или количество измерений, выполненных при применении одного объекта испытаний) можно определить из уравнения [47, 125]:

$$n = \left( \frac{u_\alpha \sigma}{\varepsilon} \right)^2, \quad (93)$$

где  $u_\alpha$  – квантиль нормального распределения – в соответствии с доверительной вероятностью  $\alpha$ ;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;

$\varepsilon$  – предельная абсолютная ошибка.

После преобразования (3.12) с учетом того, что

$$\delta = \frac{\varepsilon}{x}, \quad (94)$$

$$V = \frac{\sigma}{x} \quad (95)$$

получим

$$n = \left( \frac{u_\alpha V}{\delta} \right)^2, \quad (96)$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение случайной величины;

$V$  – коэффициент вариации;

$\delta$  – относительная ошибка.

Теперь подставим в (95) следующие данные:  $u_\alpha = 1,645$  (найдено по табл. 20 приложения [125] при  $\alpha = 0,95$ );  $V = 0,2$  и  $\delta = 0,10$ .

После вычислений получим

$$n = \left( \frac{1,645 \cdot 0,2}{0,10} \right)^2 = 10,8 \approx 11.$$

Была применена индексация данных в виде базы данных. База данных включает следующие показатели:  $V_{Mi}$  – объем материала (например, моторного масла), поступившего на экран при  $i$ -том опыте, мл;  $m_{Mi}$  – масса

материала в объеме  $V_{Mi}$  (ее вычисляют по формуле 85), что соответствует массе  $X_{\text{э}i}$  (кг), определенной эталонным прибором (на достаточно точных весах);  $\sum S_{\text{л}i}$  – суммарная площадь всех пятен на экране при  $i$ -том опыте;  $X_{1i}$ ,  $X_{2i}$  – масса материала на экране при реализации способов А и Б, кг;  $m'_{\text{э}i}$ ,  $m''_{\text{э}i}$  – масса экрана до и после нанесения на него материала, кг;  $\Delta X_{1i}$ ,  $\Delta X_{2i}$  – абсолютная погрешность определения массы материала на экране по способам А и Б, кг;  $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$  – трудоемкость способов А и Б, чел-ч (Таблица 6).

При этом абсолютная погрешность (кг) –

$$\Delta X_{1i} = |X_{\text{э}i} - X_{1i}|, \quad (97)$$

$$\Delta X_{2i} = |X_{\text{э}i} - X_{2i}|. \quad (98)$$

Тогда относительная погрешность –

$$\delta_{1i} = \frac{\Delta X_{1i}}{X_{\text{э}i}}, \quad (99)$$

$$\delta_{2i} = \frac{\Delta X_{2i}}{X_{\text{э}i}}. \quad (100)$$

Подготавливают экраны, число которых с учетом объема наблюдений составляет 24, а также необходимый объем свежего моторного масла. Экраны взвешивают и их массу фиксируют.

На каждый экран выливают порции ТСМ и рабочих жидкостей согласно плану эксперимента (Таблица 7).

После выдержки в течение 0,5 часа производят измерение. При определении потерь ТСМ по способу А производим определение суммарной площади всех пятен на каждом экране, по способу Б – определяем показатели путём взвешивания экрана. Формулы для их вычисления следующие:

$$X_{1i} = \sum S_{\text{л}i} \cdot \bar{q}_{Mi}, \quad (101)$$

$$X_{2i} = m''_{\text{э}i} - m'_{\text{э}i}. \quad (102)$$

Для получения данных по трудоёмкости ( $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$ ) способов А и Б в дополнительной таблице (в протоколе) фиксируют время начала и окончания выполнения каждой операции. Трудоёмкость определения потерь ТСМ

оценивали как разность времени начало и окончание выполнения каждой операции.

Таблица 7 – Экспериментальные данные сравнительных испытаний способов определения количества ТСМ на экране

№ опыта	$V_{Mi}$ , мл	$m_{Mi}$ ( $X_{Эi}$ ), кг	Масса ТСМ на экране по способу А		$\Delta X_{li}$ , кг	$T_{li}$ , чел.-ч	Масса ТСМ на экране по способу Б			$\Delta X_{2i}$ , кг	$T_{2i}$ , чел.-ч
			$\sum S_{Pi}$	$X_{li}$			$m'_{Эi}$	$m''_{Эi}$	$X_{2i}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	10										
2	20										
3	30										
...	...										
24	240										

Технические средства – по таблице 10 (Рисунок 13).

### **3.4 Методика проведения оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов в стационарных и полевых условиях.**

Содержание методики в целом, составленное из ее элементов, представлено на схеме (Рисунок 11).

Исследования проводились при ТО тракторов – МТЗ-80 [143], МТЗ-1221 [4], К-744Р [144], Агромаш-90ТГ [141].

Следует отметить, что трактор МТЗ-80 принят за аналог с наименьшими потерями ТСМ при ТО в связи с тем, что из принятых здесь во

внимание тракторов он имеет наименьшее число точек обслуживания с применением ТСМ, вычисленное на единицу наработки.

Получают исходные данные по источникам, обозначенным в таблице 8. Для этого необходимые операции ТО проводят по Приложению А.1 и применяют при этом соответствующие технические средства ТО по таблице 11 (Рисунок 13). Операции с применением ТСМ выполняют механизаторы или мастера-наладчики при проведении операций ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3.



Рисунок 11 - Методика определения величины потерь ТСМ при ТО тракторов

Фиксирование данных по этим операциям производят отдельно – по каждой марке испытываемых тракторов по таблице 8.

Практически испытания сводятся к получению данных по массе пролитых ТСМ при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Виды ТО и испытываемые тракторов выбирают случайным образом.

Такой подход обусловлен тем, что данные по массе ТСМ являются случайными независимыми величинами.

Таблица 8 – Исходные данные для вычисления коэффициентов потерь ТСМ при ТО тракторов

Исходные данные	Обозначение	Принадлежность данных к методам		Источники получения данных
		Э	Р	
1. Масса проливаемых ТСМ при, кг:		+	–	Эксперимент
ЕТО	$m_{ЕО}^И, m_{ЕО}^Э$			
ТО-1 (через 125 моточ)	$m_{Т1}^И, m_{Т1}^Э$			
ТО-1 (через 250 моточ)	$m_{Т1Д}^И, m_{Т1Д}^Э$			
ТО-2	$m_{Т2}^И, m_{Т2}^Э$			
ТО-3	$m_{Т3}^И, m_{Т3}^Э$			
2. Число точек обслуживания с применением (в среде) ТСМ при, ед.:		–	+	Руководство по эксплуатации
ЕТО	$n_{ЕО}^И, n_{ЕО}^Э$			
ТО-1 (через 125 моточ)	$n_{Т1}^И, n_{Т1}^Э$			
ТО-1 (через 250 моточ)	$n_{Т1Д}^И, n_{Т1Д}^Э$			
ТО-2	$n_{Т2}^И, n_{Т2}^Э$			
ТО-3	$n_{Т3}^И, n_{Т3}^Э$			
3. Периодичность, моточ:		+	+	Руководство по эксплуатации
ЕТО	$\tau_{ЕО}$			
ТО-1 (через 125 моточ)	$\tau_{Т1}$			
ТО-1 (через 250 моточ)	$\tau_{Т1Д}$			
ТО-2	$\tau_{Т2}$			
ТО-3	$\tau_{Т3}$			



Условия испытаний – производственные, нормальные (температура  $20 \pm 5$  °С, атмосферное давление  $760 \pm 20$  мм рт. ст.) [72], идентичные – в стационаре или полевых условиях; при использовании одних и тех же средств ТО и соблюдении технических требований к выполнению операций обслуживания, прописанных в руководствах по эксплуатации испытываемых тракторов; исполнители – механизаторы и (или) мастера-наладчики; выбор тракторов для испытаний – случайный.

При этом наблюдение велось только за выполнением тех операций ТО, которые были выявлены в процессе анализа технологий ТО, как операции или их части, проводимые с использованием ТСМ или в их среде.

Методика количества испытаний  $n$  (объем выборки) – по формуле (93). Для определения  $n$  подставим в (93) следующие данные:  $u_\alpha = 1,645$  равным 30.

Учёт информации – в специальной таблице, в которой фиксируют результаты испытаний (измерений) при применении каждого объекта (Таблица 9).

Математический аппарат для вычисления коэффициентов потерь ТСМ при ТО – по методу на статистических испытаниях контролируемого трактора и трактора с наименьшими потерями топливно-смазочных материалов (ТСМ).

При техническом обслуживании с заданным числом наблюдений определяют математические ожидания потерь ТСМ по обоим тракторам. В завершение производят вычисление показателей, характеризующих потери ТСМ при ТО контролируемого трактора.

Коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3  $K_2$  -

$$K_2 = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\overline{M}_{EO}^A} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\overline{M}_{T1}^A} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\overline{M}_{T2}^A} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\overline{M}_{T3}^A}}{\frac{\tau_{EO}}{\tau_{EO}} + \frac{\tau_{T1}}{\tau_{T1}} + \frac{\tau_{T2}}{\tau_{T2}} + \frac{\tau_{T3}}{\tau_{T3}}} \quad (103)$$

Таблица 9 – Объем испытаний по маркам тракторов, масса проливаемых ТСМ при ТО, гр.

Тракторы	МТЗ-1221				К-744				АГРОМАШ-90ТГ			
	1	2	...	8	9	10	...	16	17	18	...	24
Номер испытаний												
Данные по ЕТО												
Данные по ТО-1												
Данные по ТО-2												
Данные по ТО-3												

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \quad (104)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \quad (105)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \quad (106)$$

$$\overline{M}_{T3}^K = \overline{M}_{CM-T3}^K + \overline{M}_{ДГ-T3}^K, \quad (107)$$

$$\overline{M}_{EO}^A = \overline{M}_{CM-EO}^A + \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \quad (108)$$

$$\overline{M}_{T1}^A = \overline{M}_{CM-T1}^A + \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \quad (109)$$

$$\overline{M}_{T2}^A = \overline{M}_{CM-T2}^A + \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \quad (110)$$

$$\overline{M}_{T3}^A = \overline{M}_{CM-T3}^A + \overline{M}_{ДГ-T3}^A, \quad (111)$$

при  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0, \overline{M}_{T1}^K \geq 0, \overline{M}_{T2}^K \geq 0, \overline{M}_{T3}^K \geq 0, \overline{M}_{EO}^A \geq 0, \overline{M}_{T1}^A \geq 0, \overline{M}_{T2}^A \geq 0, \overline{M}_{T3}^A \geq 0,$   
 $\tau_{EO} > 0, \tau_{T1} > 0, \tau_{T2} > 0, \tau_{T3} > 0;$

где  $K_2$  – коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный при сравнении показателей контролируемого трактора и ее аналога с наименьшими потерями ТСМ;

$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  – математические ожидания массы потерь ТСМ (здесь и далее под математическими ожиданиями массы потерь ТСМ также

будем понимать их средние значения) всех видов соответственно при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по контролируемому трактору;

$\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  – то же по трактору-аналогу;

$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  – наработка между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3;  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{ДТ-EO}^K, \overline{M}_{ДТ-T1}^K, \overline{M}_{ДТ-T2}^K, \overline{M}_{ДТ-T3}^K$  – математические ожидания массы потерь свежих масел, а также потерь дизельного топлива при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по контролируемому трактору;  $\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A$ ;  $\overline{M}_{ДТ-EO}^A, \overline{M}_{ДТ-T1}^A, \overline{M}_{ДТ-T2}^A, \overline{M}_{ДТ-T3}^A$  – математические ожидания массы потерь свежих масел, а также потерь дизельного топлива при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по трактору-аналогу.

Коэффициент величины потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2  $K_{2-2}$  -

$$K_{2-2} = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}}}, \quad (112)$$

где  $K_{2-2}$  – коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный при сравнении показателей контролируемого трактора и ее аналога с наименьшими потерями ТСМ.

Коэффициенты  $K_2$  и  $K_{2-2}$  с целью уменьшения объема экспериментальных работ или при отсутствии необходимости могут быть вычислены на основе суммарных значений потерь ТСМ  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  и  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$ , то есть без учета их видов - математических ожиданий массы потерь:  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{ДТ-EO}^K, \overline{M}_{ДТ-T1}^K, \overline{M}_{ДТ-T2}^K, \overline{M}_{ДТ-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A$ ;  $\overline{M}_{ДТ-EO}^A, \overline{M}_{ДТ-T1}^A, \overline{M}_{ДТ-T2}^A, \overline{M}_{ДТ-T3}^A$

Суммарная величина потерь ТСМ  $M_{T2}$  за цикл ТО, кратный ТО-3, –

$$M_{T3} = K_2 M_{дд} \tau_{T3}. \quad (113)$$

Суммарные потери ТСМ  $M_{T2}$  за цикл ТО, кратный ТО-2, –

$$M_{T2} = K_{2-2} M_{дд} \tau_{T2}. \quad (114)$$

Суммарные потери ТСМ  $M_\tau$  при ТО трактора за произвольный период наработки  $\tau$  –

$$M_\tau = K_1 M_{qd} \tau. \quad (115)$$

При использовании представленного метода данные по  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  ( $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K; \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \overline{M}_{ДГ-T3}^K$ ), а также по  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  ( $\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A; \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \overline{M}_{ДГ-T3}^A$ ) (в кг) находят экспериментально – при проведении определительных статистических испытаний (в процессе выполнения обслуживаний), а регламентированные значения  $\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  (в мото-ч) – из руководств по эксплуатации этих тракторов. Расчеты необходимых показателей выполняют по приведенным формулам.

Обработка экспериментальных данных осуществляли по правилу композиции нормальных законов, которое может быть обобщено на случай произвольного числа независимых случайных величин [14].

В случае если имеется  $n$  независимых случайных величин:  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , подчинённых нормальным законам с центрами рассеивания  $m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}$  и средними квадратичными отклонениями  $\sigma_{x1}, \sigma_{x2}, \dots, \sigma_{xn}$ , то величина

$$Z = \sum_{i=1}^n X_i \quad (116)$$

$$m_z = \sum_{i=1}^n m_{xi}, \quad (117)$$

$$\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{xi}^2. \quad (118)$$

Тогда получим зависимости для определения показателей  $\overline{M}_q^K$  и  $\overline{M}_q^A$  имеют вид:

$$\overline{M}_q^K = \frac{m_{EO}^{-K}}{\tau_{EO}} + \frac{m_{T1}^{-K}}{\tau_{T1}} + \frac{m_{T2}^{-K}}{\tau_{T2}} + \frac{m_{T3}^{-K}}{\tau_{T3}}, \quad (119)$$

$$\overline{M}_q^A = \frac{m_{EO}^{-A}}{\tau_{EO}} + \frac{m_{T1}^{-A}}{\tau_{T1}} + \frac{m_{T2}^{-A}}{\tau_{T2}} + \frac{m_{T3}^{-A}}{\tau_{T3}}, \quad (120)$$

где  $\overline{M}_q^K$ ,  $\overline{M}_q^A$  – математическое ожидание (среднее значение) удельной суммарной массы проливаемых ТСМ при выполнении всех видов ТО за цикл, кратный ТО-3, контролируемого (исследуемого) трактора и трактора-аналога с наименьшими потерями ТСМ, кг/моточ;

$\overline{m}_{EO}^K$ ,  $\overline{m}_{T1}^K$ ,  $\overline{m}_{T2}^K$ ,  $\overline{m}_{T3}^K$ ;  $\overline{m}_{EO}^A$ ,  $\overline{m}_{T1}^A$ ,  $\overline{m}_{T2}^A$ ,  $\overline{m}_{T3}^A$  – математическое ожидание (среднее значение) суммарной массы проливаемых ТСМ при выполнении ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 контролируемого трактора и трактора-аналога, кг;

$\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$ ,  $\tau_{T3}$  – периодичность операций ЕТО, ТО-1 и ТО-2 и ТО-3, моточ.

При этом суммарное значение среднеквадратического отклонения  $\sigma_{qC}$  – по формуле (118):

$$\sigma_{qC} = \sigma_{qEO} + \sigma_{qT1} + \sigma_{qT2} + \sigma_{qT3}, \quad (121)$$

где  $\sigma_{qEO}$ ,  $\sigma_{qT1}$ ,  $\sigma_{qT2}$ ,  $\sigma_{qT3}$  – средние квадратические отклонения удельной массы потерь ТСМ при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3, кг/моточ.

### 3.5 Методика оценки погрешностей экспериментальных исследований

#### 3.5.1 Точность определения параметра

Оценивают при заданной доверительной вероятности  $\alpha$  ( $\alpha$  не менее 0,95) по следующим формулам.

Абсолютная ошибка, вычисленная:

а) по нижней  $m_H$  доверительной границе –

$$\Delta_H = |\overline{X} - m_H|; \quad (122)$$

б) по верхней  $m_B$  доверительной границе –

$$\Delta_B = |\overline{X} - m_B|. \quad (123)$$

Среднее значение  $\Delta_{\overline{X}}$  абсолютной ошибки, град. –

$$\Delta_{\overline{X}} = \frac{\Delta_H + \Delta_B}{2}. \quad (124)$$

Относительная ошибка, % –

$$\delta = \frac{\Delta_{\bar{x}}}{\bar{X}} 100. \quad (125)$$

### 3.5.2 Оценки случайности расхождения

Методика оценки случайности расхождения выполнена – по критериям Стьюдента и Романовского для сравнительных испытаний способов определения количества ТСМ на экране: оценка

Для чего определили по зависимости [125].

$$S = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}, \quad (126)$$

Критерий Романовского

$$t = \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}} \cdot \frac{\Delta}{S}, \quad (127)$$

Критерий Стьюдента

где  $S$  – среднее квадратическое отклонение объединенной выборки;

$S_1, S_2$  и  $N_1, N_2$  – средние квадратические отклонения и объемы выборок, соответствующие  $\bar{X}_э$  и  $\bar{X}_i$ ;  $\Delta = \Delta_c$ .

После чего определили  $\kappa = N_1 + N_2 - 1$  и с учетом вычисленного значения  $t$  по таблице вероятностей  $S(t)$  для критерия  $t$  Стьюдента установили  $S(t)$ .

В завершение делают оценку: существенно ли отличаются выборочные средние или это отклонение является случайным. Вероятность того, что полученная разность между двумя средними является случайной, определили, как

$$P(|x_1 - x_2| \geq \Delta) = 2[1 - S(t)] = 0, \quad (128)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  соответствуют  $\bar{X}_э$  и  $\bar{X}_i$ .

Если вероятность  $P \approx 0 < 0,05$ , то расхождение между двумя средними существенно.

Порядок оценки случайности расхождения по критерию Романовского [44] следующий.

Определили число Стьюдента  $t$  по зависимости (127).

Вычисляют параметр распределения

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{N_1 + N_2 - 2}{N_1 + N_2 - 4}}. \quad (129)$$

При этом учитывали, что

$$\frac{|t|}{\sigma_t} \geq 3, \quad (130)$$

то расхождения не случайны и если

$$\frac{|t|}{\sigma_t} < 3 - \quad (131)$$

расхождения случайны.

### 3.5.3 Оценка погрешности расчётного метода

На основе его сопоставления с экспериментально-расчётным методом – по формулам:

$$\Delta = |\bar{X}_э - X_p|, \quad (132)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{X_э} 100, \quad (133)$$

где  $\Delta$ ,  $\delta$  – абсолютная и относительная ошибка;  $\bar{X}_э$ ,  $X_p$  – значения показателя, полученные экспериментально-расчётным и расчётным методами.

Принимая  $\delta$  за систематическую погрешность  $\delta_c$  и учитывая случайную погрешность  $\bar{\delta}_x$  экспериментально-расчётного метода, найдём общую погрешность  $\delta_o$  расчётного метода – по формуле [72]:

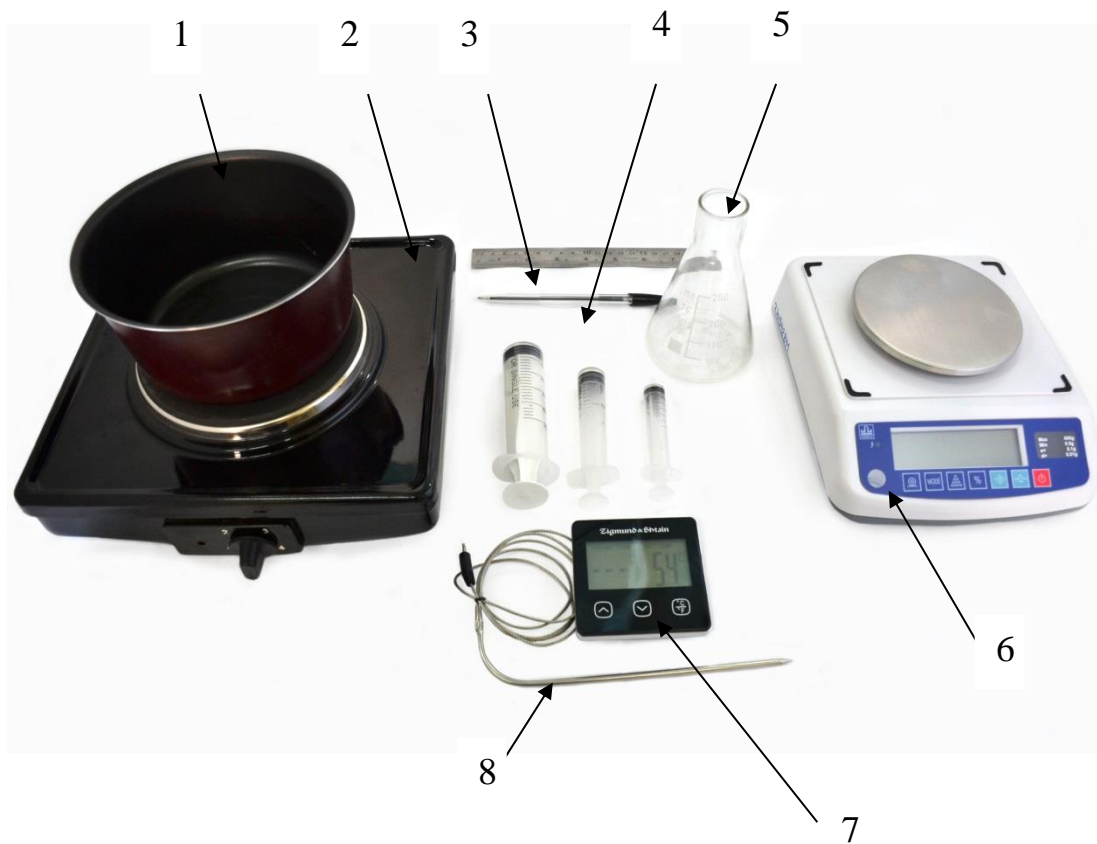
$$\delta_o = \delta_c + \bar{\delta}_x, \quad (134)$$

где  $\delta_o$  – общая погрешность расчётного метода;

$\delta_c, \bar{\delta}_x$  – погрешность систематическая и случайная.

### 3.6 Основные технические средства для оценки величины потерь ТО тракторов

Технические средства для определения величины потерь ТСМ на экране параграф 3.2.



1 – емкость для нагрева ТСМ; 2 – электроплитка; 3 – измерительный инструмент; ручка шариковая; 5 – колба измерительная; 6 – весы ВК-600; 7 – шприцы; 8 –электронный термощуп для измерения температуры ТСМ

Рисунок 12 - Основные технические средства для контроля параметров при проверке способов определения количества ТСМ на экране



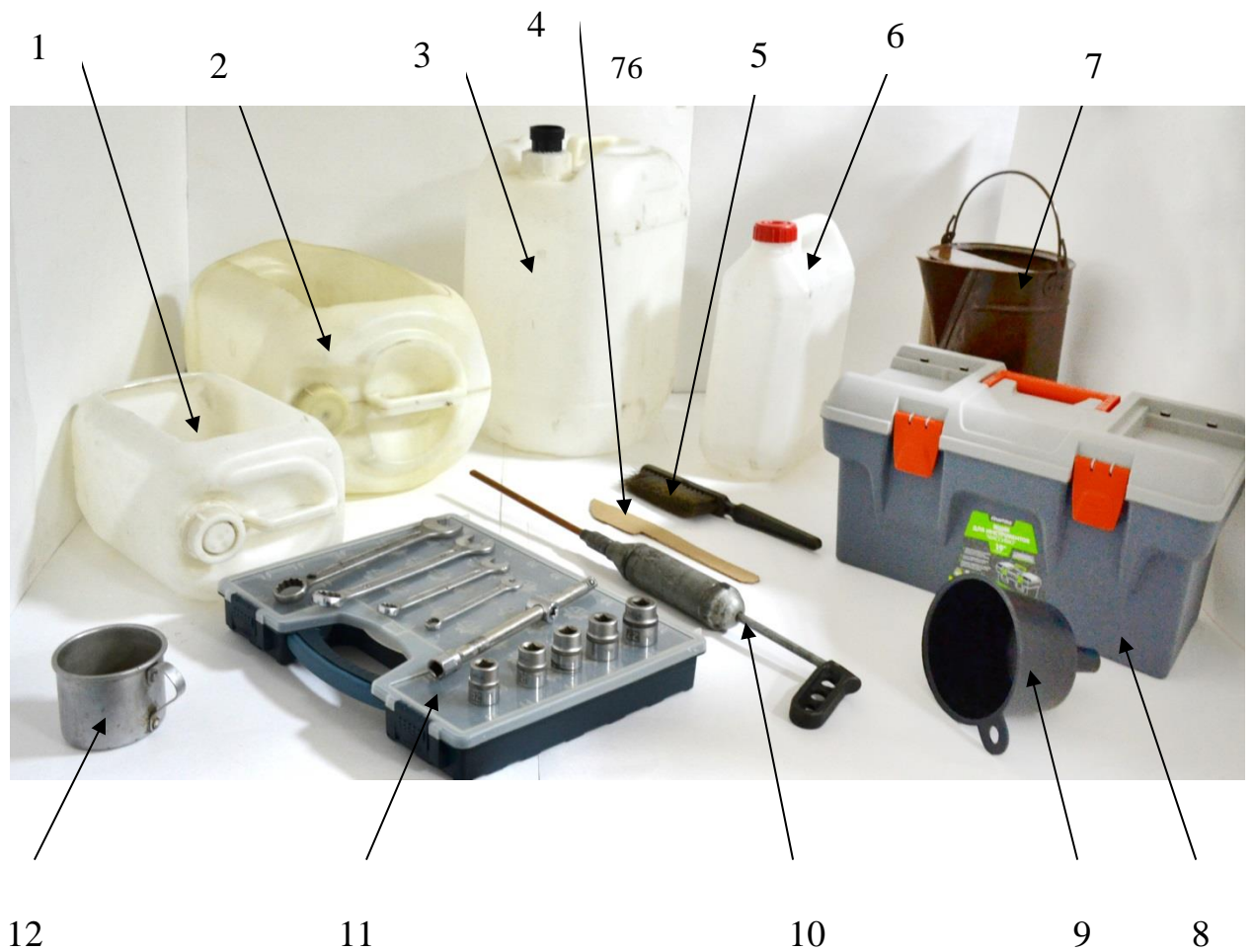
Таблица 10 – Основные технические средства для контроля параметров при проверке способов определения количества ТСМ на экране

Наименование средств	Обозначение	Требования к средствам
1. Электрический нагревательный прибор (электроплитка)	ЭПЧ1-1,0/220	В соответствии с РЭ на данный прибор, ГОСТ 14919-83
2. Емкость для нагрева ТСМ	–	Вместимость 1,5 л, ГОСТ 17151-81 (п.п. 2.12, 2.30, 2.34), ТУ 1-3-215-2015
Наименование средств	Обозначение	Требования к средствам
3. Электронный термощуп	MP-55B	Нижний и верхний пределы измерений – 0-250 °С Погрешность абсолютная – 1 °С
4. Шприц	–	В соответствии с ГОСТ ISO 7886-3-2011
5. Весы электронные	ВК-600	Погрешность измерений: абсолютная – ± 0,05-0,1 г Нижний и верхний пределы измерений - 0,5-600 г
6. Беззольный фильтр	A0	В соответствии с ТУ 2442-001-68085451-2011
7. Калька прозрачная (бумажная)	–	В соответствии с ГОСТ 892-89; формат А1
8. Палетка	–	Метрологические характеристики: сетка 1 мм, 10 мм
9. Секундомер механический	СОПрр-2а-2-010	Допустимая погрешность в диапазоне рабочих температур от – 20 до + 40 °С при измерении интервала времени 30 мин – в пределах ± 3,0 с

Таблица 11 – Основные технические средства для выполнения операций ТО при проведении производственных испытаний в полевых условиях

Наименование средств	Технические характеристики или требования	Назначение
1. Канистра для сбора отработанного масла	Объем – не менее 30 л, габаритный размер по высоте – не более 600 мм	Для сбора отработанного масла при его сливе из двигателей, кроме АГРОМАШ-90ТГ
2. Поддон для сбора отработанного масла	Объем – не менее 30 л, габаритный размер по высоте – не более 400 мм	Для сбора отработанного масла при его сливе из двигателя трактора АГРОМАШ-90ТГ
3. Кружка для сбора отстоя	Объем – не менее 0,5 л	Для сбора отстоя из топливных баков и фильтров грубой очистки
Наименование средств	Технические характеристики или требования	Назначение
4. Ванна для промывки фильтрующих элементов	Рабочий объем ванны – не менее 3 л	Для промывки фильтрующих элементов
5. Скребок деревянный	Отвечает требованиям приспособленности к использованию	Для очистки роторов центрифуги от отложений
6. Щетка	Рабочие элементы щетки устойчивы к среде ТСМ	Для очистки фильтроэлементов и деталей воздухоочистителя

7. Ведро заправочное	Объем – 10 л	Для заправки двигателя маслом
8. Воронка с сеткой	Наружный диаметр трубки – не более 30 мм, отвечает требованиям по пропускной способности	Для заправки двигателя маслом
9. Маслонагнетатель	Отвечает требованиям герметичности	Для доливки масла в корпуса узлов ходовой части трактора АГРОМАШ-90ТГ
10. Канистра для хранения отстоя и дизельного топлива, использованного в качестве промывочной жидкости	Объем – в пределах от 5 до 10 л	Для транспортирования и временного хранения отстоя
11. Контейнер для сбора отложений маслоочистителей и фильтров	Объем – не менее 5 л	Для транспортирования и временного хранения отложений
12. Ключи гаечные и торцевые	Отвечают требованиям безопасности	Для отвинчивания (завинчивания) пробок сливных и контрольных отверстий



1 - ванна промывочная; 2, 3 – поддон и канистра для сбора отработанного масла; 4 –скребок для очистки роторов центрифуги; 5 – щётка; 6 - канистра для хранения отстоя и дизельного топлива, использованного в качестве промывочной жидкости; 7 – ведро заправочное; 8 - контейнер для сбора и хранения отложений центробежных маслоочистителей и фильтров; 9 – воронка; 10 – маслонагнетатель; 11 - ключи гаечные и торцевые; 12 - кружка для сбора отстоя

Рисунок 13 – Основные технические средства для ТО тракторов в полевых условиях согласно руководству по эксплуатации

### **3.7 Место проведения экспериментальных исследований**

Экспериментальные данные по исследованию способов определения потерь ТСМ были получены в лабораторных условиях – в Лаборатории технического обслуживания машинно-тракторного парка (ТО МТП) кафедры эксплуатации МТП, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения (ЭМТП, БЖД и ПО) Иркутского ГАУ.

Эксперименты по определению потерь ТСМ были проведены в полевых производственных условиях – в учебном парке ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского», а также в сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области; АО «Сибирская Нива» и ФГУП «Элита» в 2015-2019 годах.

## Глава 4. Результаты экспериментальных исследований и анализ

### 4.1 Результаты экспериментальной проверки способа оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов на экране

Экспериментальная проверка способов определения величины потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) была выполнена по методике 3.2. При этом было исследовано два способа: по удельной массе материала в пятне на экране и по изменению массы экрана, изложенных в патентах на изобретения [96, 97]. В соответствии с методикой 3.2 были получены данные по продолжительности выдержки пятна, герметичности экрана, возможности измерения площади пятна после его выдержки, погрешности определения удельной массы материала в пятне и возможности взвешивания экрана на весах. В качестве ТСМ были приняты свежее моторное масло марки M10<sub>T2</sub>, а также дизельное топливо летней марки.

Первый проверяемый способ – способ определения количества ТСМ по удельной массе материала в пятне на экране [97].

В результате по найденным экспериментальным данным получены зависимости линейного размера пятна  $L$  от объёма ТСМ при выдержки 0,5 часа:  $L = f(V)$ , что показано на рисунке 15. Найденные функции, причём по всем принятым во внимание ТСМ, с наибольшей вероятностью (значение достоверности аппроксимации  $R^2$  близко к 1 и не превышает 0,94) согласуются с уравнением прямой вида  $y = kx + b$ .

Из рисунка 14 следует, что линейный размер пятен увеличивается с увеличением объёма ТСМ при 0,5 часовой продолжительности их выдержки. При этом на графиках в виде прямых линий не наблюдается остановка роста пятен по ТСМ, принятым во внимание.

Если учесть, что продолжительность выдержки пятен более 1 ч неприемлема по организационным причинам, то она может быть принята как

постоянная величина в интервале времени от 0,5 до 1 ч. Однако при этом необходимо учесть следующее. Поскольку от времени выдержки зависят размеры пятна, а его размеры определяют другие параметры, такие как суммарная площадь пятна, а также масса материала в пятне в расчёте на единицу его площади, то эти параметры должны быть скорректированы к

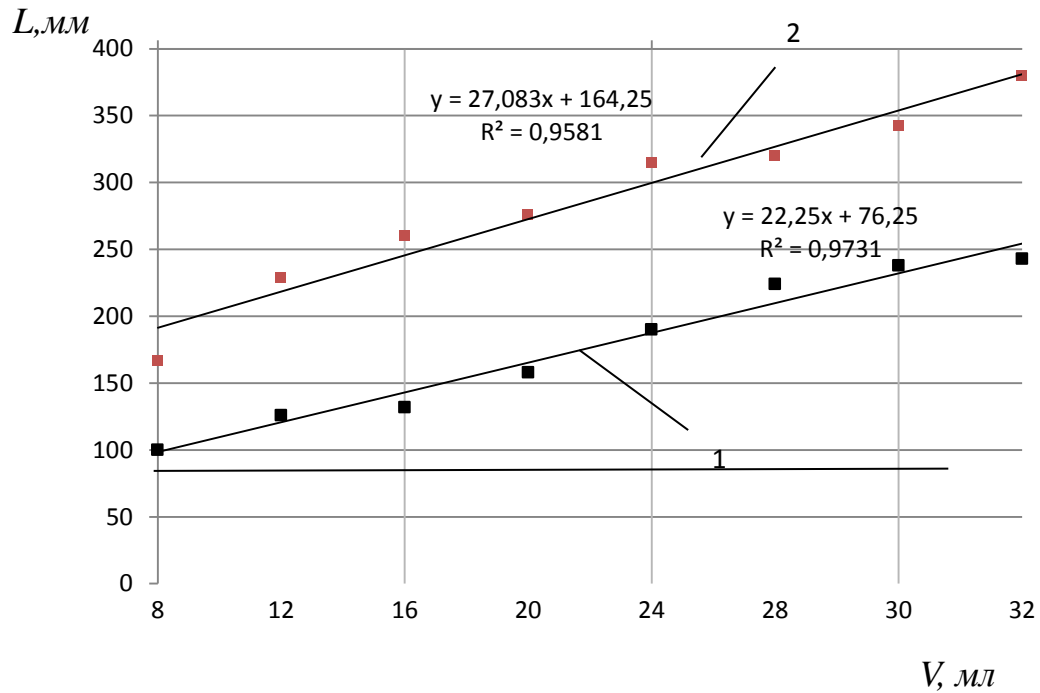


Рисунок 14 - Изменение линейного размера  $L$  пятна в горизонтальном направлении от объёма ТСМ (при  $T = 0,5$ ч): 1, 2, – свежее масло, дизельное топливо (точки – экспериментальные данные)

Данное заключение в полной мере согласуется с формулой (3), поясняющей сущность способа определения количества ТСМ по удельной массе материала в пятне на экране [97].

Оценка герметичности экрана определялась по попаданию через него ТСМ – по наличию следов ТСМ на втором слое экрана. Данные, полученные в процессе испытаний и наблюдений, показывают, что первый слой экрана не обладает достаточной герметичностью, так как на его втором слое

наблюдаются следы после первого часа выдержки при испытании свежего масла, а также дизельного топлива, причём даже при небольшом объёме масла на экране, равном 8 мл. Получается, что следы ТСМ на втором слое экрана появляются в любом случае: независимо от времени выдержки и объёма проливаемого на экран материала. Однако протекание ТСМ через экран не наблюдается, что отвечает требованиям соответствующего критерия по таблице 3.1.

Площадь пятна ТСМ на экране после его выдержки устанавливалась применительно к палетке формата А4 (фрагмент измерения площади пятна палеткой показан на рисунке 15), причём по трём контролируемым параметрам (качественным признакам), которые приведены в таблице 6 одновременно с результатами испытаний и наблюдений. При этом продолжительность выдержки экрана была принята равной 0,5 ч. Объем ТСМ изменялся в пределах от 8 до 32 мл.

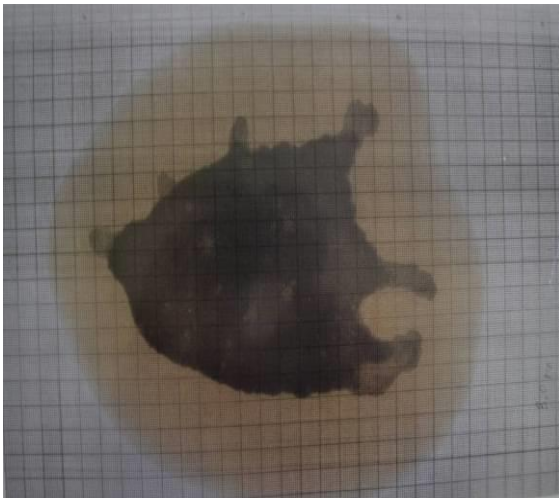


Рисунок 15 – Фрагмент измерения площади пятна (ТСМ – свежее моторное масло)

Пятно из свежего моторного масла не загрязняет палетку при объёме ТСМ до 8 мл, контур пятна хорошо не просматривается в диапазоне объема ТСМ от 8 до 32 мл, палетка накрывает пятно при объеме ТСМ до 16 мл. Результат: измерение площади пятна свежего моторного масла возможно при объёме ТСМ до 8 мл.



Таблица 12 – Результаты измерения площади пятна после его выдержки продолжительностью 0,15 ч

Контролируемые параметры	Наименование материала (ТСМ)	Объем ТСМ, мл							
		8	12	16	20	24	28	32	36
1. Прибор(палетка) не загрязняется ТСМ (+), загрязняется (-)	Свежее Масло	+	+	-	-	-	-	-	-
	Дизельное топливо	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Контур пятна хорошо просматривается через палетку: да (+), нет (-)	Свежее Масло	-	-	-	-	-	-	-	-
	Дизельное топливо	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Прибор формата А4 накрывает площадь пятна: да (+), нет (-)	Свежее Масло	+	+	+	+	-	-	-	-
	Дизельное топливо, $кг/м^2$	-	-	-	-	-	-	-	-

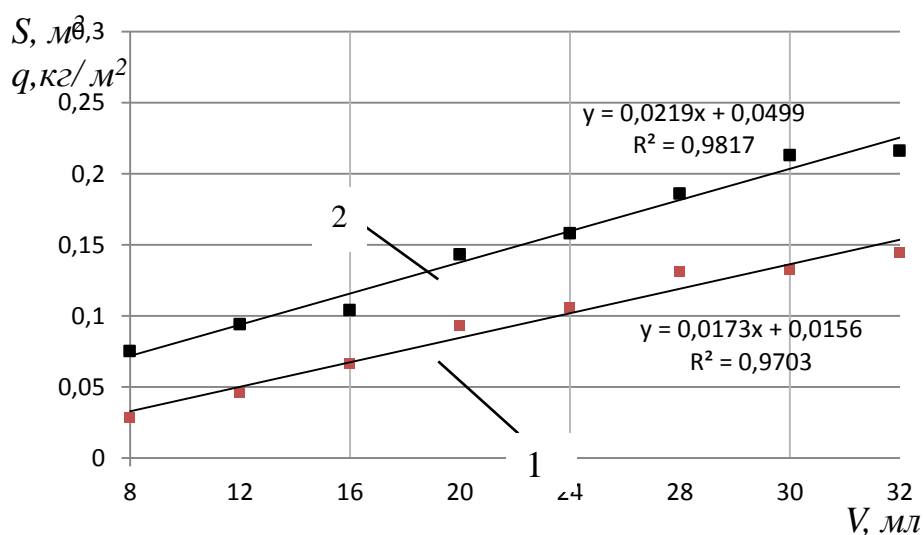


Рисунок 16 - Изменение площади пятна  $S_{п}$  (1) свежего моторного масла, удельной массы материала в пятне  $q_{м}$  (2) в зависимости от его объема  $V$  (точки – экспериментальные данные)

Пятно из дизельного топлива не загрязняет палетку, контур пятна не просматривается, палетка не накрывает пятно при объеме ТСМ до 8 мл. Отсюда следует, что измерение палеткой формата А4 площади пятна дизельного топлива не представляется возможным.

Погрешность определения удельной масса  $q_{M_i}$   $i$ -того материала в пятне была найдена на примере свежего моторного масла, поскольку проведенные выше исследования показали, что измерение площади пятен дизельного топлива палеткой затруднено. При этом значения  $q_{M_i}$  были получены по экспериментальным данным в соответствии с методикой 3.2. На следующем этапе были вычислены погрешности определения данного параметра, что было сделано также по методике 3.2. На этапе анализа полученные результаты обработаны математически, обобщены и представлены графически на рисунке 16.

На рисунке 16 функции возрастающие. График 1 функции  $S_{II} = f(V)$  построен по экспериментальным данным. Графики 2 функций  $q_M = f(V)$  – расчётно-экспериментальные, причём зависимые от  $S_{II}$ . Эта зависимость прослеживается и на графиках. Относительная погрешность определения удельной массы свежего моторного масла в пятне составляет более 40 % (от 40 до 60 %).

Способ определения количества ТСМ по изменению массы материала на экране [96].

Продолжительность выдержки пятна была определена по отсутствию на пятне жидкости, не впитавшейся в экран (таблица 5). Результаты этих испытаний (их фрагмент показан на рисунке 17) были получены по свежему моторному маслу марки М10<sub>Г2</sub>, а также по дизельному топливу летней марки.



Рисунок 17 – Фрагмент пятна с жидкостью (в правой части пятна), не впитавшейся в экран (ТСМ – дизельное топливо)

Они свидетельствуют о следующем. По свежему моторному маслу: на пятне не наблюдается масло в виде жидкости после выдержки: 0,5 ч – при объёме ТСМ до 8 мл. При испытании дизельного топлива на экране не обнаружено его скопление в виде жидкости.

Герметичность экрана: методика испытаний и их результаты – по первому проверяемому способу.

Возможность взвешивания экрана на весах была установлена при использовании весов ВК-600, диаметр площадки которой составляет 120 мм, и листов экрана (фильтр обеззольный А0). Фрагмент процедуры взвешивания показан на рисунке 18.



Рисунок 18 – Фрагмент процедуры взвешивания свёрнутых листов экрана при их вертикальном размещении на площадке весов ВК-600

Таблица 13 - Результаты экспериментальной проверки способов определения количества ТСМ на экране

Проверяемые свойства	Критерии Функционирования	Результаты проверки
1. Способ определения количества ТСМ по удельной массе материала в пятне на экране		
1.1 Продолжительность выдержки пятна	Отсутствие признаков роста пятна – увеличения его линейных размеров	Признаки роста пятна (увеличения его линейных размеров) наблюдаются в течение выдержки продолжительностью 0,5 ч
1.2. Герметичность экрана	Протекание ТСМ через экран не наблюдается	Отвечает требованиям
1.3. Возможность измерения площади пятна после его выдержки	Прибор не загрязняется ТСМ, контур пятна хорошо просматривается через него; прибор формата А4 накрывает площадь пятна	Свежее моторное масло отвечает требованиям при объеме ТСМ соответственно 12 и 8 мл. Дизельное топливо не отвечает требованиям
1.4. Погрешность определения удельной массы материала в пятне	Относительная погрешность – не более 5 %	Не отвечает требованиям: относительная погрешность определения удельной массы пятна составляет более 40 %
2. Способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана		

2.1. Продолжительность выдержки пятна	Отсутствие на пятне жидкости, не впитавшейся в экран	Отвечает требованиям: по дизельному топливу – при объеме ТСМ до 32 мл, по свежему маслу – при объеме ТСМ до 8 мл
2.2. Герметичность экрана	Протекание ТСМ через экран не наблюдается	Отвечает требованиям
2.3. Возможность взвешивания экрана на весах	Экран после несложной подготовки размещается на весах, имеющих абсолютную погрешность не более 0,01	Отвечает требованиям

В результате установлено, что взвешивание листов представляется возможным в свёрнутом виде не более чем по 5 штук. Для этого сверток предварительно обвязывают шпагатом или скотчем. Затем размещают его на площадке весов вертикально (Рисунок 18) либо горизонтально (не показано).

Изложенные результаты экспериментальной проверки способов определения количества ТСМ на экране [8, 9] сведены в таблицу 11, первый и второй столбцы которой соответствуют таблице 5. Они показывают следующее.

Способ определения количества ТСМ по удельной массе материала в пятне на экране не отвечает предъявляемым требованиям по продолжительности выдержки пятна (его размеры не стабилизируются в течение 1 ч), а также по погрешности определения удельной массы материала в пятне (относительная погрешность составляет более 40 %, что больше допускаемой погрешности 5 %). Кроме того, при реализации данного способа ограничена возможность измерения площади пятна после его выдержки.

При этом следует отметить, что по герметичности экран соответствует требованию: протекание ТСМ через листы обеззольного фильтра не наблюдается. Однако в целом можно считать, что этот способ не отвечает предъявляемым требованиям. Вместе с тем он может быть применён на практике, если продолжительность выдержки пятна повысить. Это приведёт к увеличению трудоёмкости исследования, что нежелательно.

Способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана отвечает предъявляемым требованиям.

В целом, следует считать, что по результатам экспериментальной проверки способов определения количества ТСМ на экране наиболее предпочтительным является способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана.

#### **4.2 Результаты сравнительных испытаний способов определения количества потерь топливно-смазочных материалов на экране**

Сравнительные испытания способов определения количества топливно-смазочных материалов (ТСМ) были проведены по методике 3.3. При этом было исследовано два способа определения количества ТСМ на экране: первый (А) – по удельной массе материала в пятне на экране [97] и второй (Б) – по изменению массы экрана [98]. Экспериментальные данные по исследованию указанных способов были получены [9]. Они содержат: данные по массе ТСМ в пятне, погрешности и трудоёмкости ее определения. В качестве ТСМ было принято свежее моторное масло марки М10Г2. Результаты обработки данных представлены в таблице 12, а также проиллюстрированы на рисунках 19-20. Таким образом, в процессе испытаний по обоим способам были получены в идентичных условиях два показателя: погрешность и трудоёмкость определения массы материала на экране. Проанализируем эти показатели в дальнейшем.

Относительная погрешность  $\delta$  определения массы материала на экране была вычислена в завершение экспериментов по формулам (122)-(125). В результате статистической обработки установлено (таблица 14, рисунок 19), что математическое ожидание относительной погрешности  $\delta$  определения массы материала на экране по способу А составляет 9,3 %, по способу Б – 2,0 % (статистическая ошибка не превышает 6,5 % при доверительной вероятности 0,95). Погрешность способа А почти в 5 раз больше погрешности способа Б, что объясняется большой погрешностью определения удельной массы материала в пятне  $q_M$  при реализации способа А (она составляет более 40 %, рисунок 16).

Далее, по обоим способам установлена зависимость вида  $y = kx + b$  погрешности  $\delta$  от объема  $V$  ТСМ на экране (рисунок 19): значение достоверности аппроксимации  $R^2$  близко к 1. Однако можно считать, что эта зависимость несущественна: при изменении объема  $V$  ТСМ в интервале от 10 до 240 мл погрешность  $\delta$  повышается не более чем на 1 %. (1,2 чел.-мин.): статистическая ошибка не превышает 0,2 % при доверительной вероятности 0,95. Трудоёмкость реализации способа А почти в 12 раз больше трудоёмкости способа Б. Это объясняется в основном большой трудоёмкостью измерения площади пятна ТСМ на экране палеткой. Об этом свидетельствуют графики на рисунке 20 линейные зависимости вида  $y = kx + b$  трудоёмкости  $T$  от объема ТСМ на экране (значение достоверности аппроксимации  $R^2$  равно 1 или близко к 1). Из рисунка 20 следует, что трудоёмкость  $T$  способа Б почти не зависит от объема ТСМ. Трудоёмкость  $T$  способа А имеет прямо пропорциональную зависимость от объема ТСМ, поскольку чем больше объем ТСМ, тем больше площадь пятна и, следовательно, выше трудоёмкость измерения его площади. (1,2 чел.-мин.): статистическая ошибка не превышает 0,2 % при доверительной вероятности 0,95. Трудоёмкость реализации способа А почти в 12 раз больше трудоёмкости способа Б. Это объясняется в основном большой трудоёмкостью измерения площади пятна ТСМ на экране палеткой. Об этом

свидетельствуют графики на рисунке 20: прямолинейные зависимости вида  $y = kx + b$  трудоемкости  $T$  от объема ТСМ на экране (значение достоверности аппроксимации  $R^2$  равно 1 или близко к 1).

Из рисунка 20 следует, что трудоемкость  $T$  способа Б почти не зависит от объема ТСМ. Трудоемкость  $T$  способа А имеет прямо пропорциональную зависимость от объема ТСМ, поскольку чем больше объем, тем больше площадь пятна и, следовательно, выше трудоемкость измерения его площади.

Таблица 14 - Результаты обработки данных по погрешности и трудоемкости определения массы ТСМ на экране, полученных при испытаниях способов:

А – по удельной массе ТСМ в пятне, Б – по изменению массы экрана

Параметры	Результаты по трудоемкости при реализации способов:		Результаты по погрешности при реализации способов:	
	А	А	А	Б
1. Объем наблюдений, шт.	$N = 24$	$N = 24$	$N = 24$	$N = 24$
2. Математическое ожидание	$\bar{X} = 0,234$ (чел.-ч)	$\bar{X} = 9,3$ (%)	$\bar{X} = 9,3$ (%)	$\bar{X} = 0,02$ (чел.-ч)
3. Среднее квадратическое отклонение	$S = 0,12$ (чел.-ч)	$S = 0,15$ (%)	$S = 0,15$ (%)	$S = 0,002$ (чел.-ч)
4. Коэффициент вариации	$V = 0,51$	$V = 0,02$	$V = 0,02$	$V = 0,25$
5. Доверительные границы: нижние, верхние	$m_H = 0,018$ $m_B = 0,43$ (чел.-ч)	$m_H = 8,64$ $m_B = 9,52$ (%)	$m_H = 8,64$ $m_B = 9,52$ (%)	$m_H = 0,005$ $m_B = 0,011$ (чел.-ч)



6. Статистическая ошибка, %	$\delta_c = 0,1$	$\delta_c = 6,5$	$\delta_c = 6,5$	$\delta_c = 0,2$
7. Закон распределения	Гаусса	Гаусса	Гаусса	Гаусса
8. Критерий согласия Пирсона	$P(\chi^2) = 2,4$	$P(\chi^2) = 14,3$	$P(\chi^2) = 14,3$	$P(\chi^2) = 2,1$

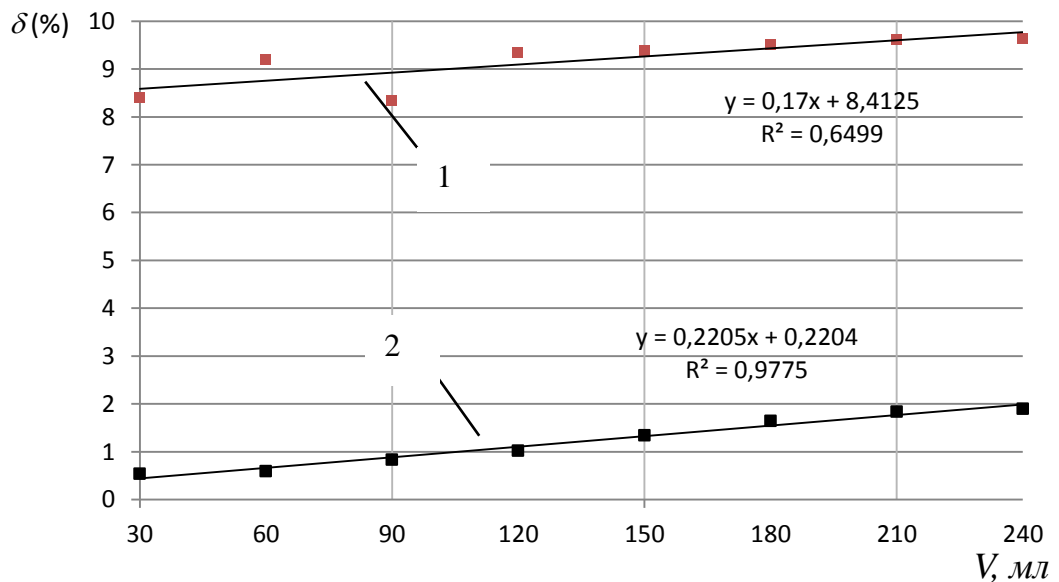


Рисунок 19 – Изменение относительной погрешности  $\delta$  (%) определения массы материала на экране в зависимости от его объема  $V$  ТСМ (точки – экспериментальные данные): 1, 2 – способы А и Б определения массы по удельной массе материала в пятне на экране и по изменению массы экрана

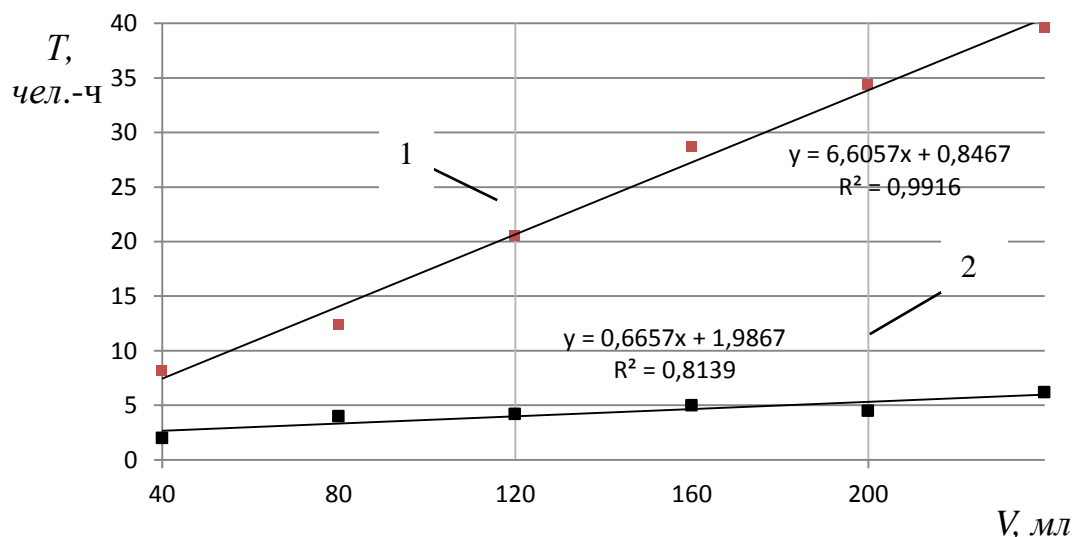


Рисунок 20 – Изменение трудоемкости определения массы материала на экране в зависимости от объема ТСМ (точки – экспериментальные данные): 1, 2 – способы определения массы по удельной массе материала в пятне на экране и по изменению массы экрана

Трудоёмкость определения массы материала на экране (таблица 12) по способу А составила 0,234 чел.-ч (14 чел.мин.), по способу Б – 0,02 чел.-ч

Таким образом, проведённые сравнительные испытания способов определения количества ТСМ на экране показывают следующее. Относительная погрешность  $\delta$  определения массы ТСМ на экране при ее учете по изменению массы экрана составляет 2 %, что в 5 раз меньше, чем при учете ТСМ по удельной массе материала в пятне. Это объясняется небольшой погрешностью весов в сравнении с существенной погрешностью (более 40 %) определения удельной массы материала в пятне. Трудоёмкость реализации способа по изменению массы экрана – 0,02 чел.-ч (1,2 чел.-мин), что почти в 12 раз меньше трудоёмкости способа на основе учёта удельной массы материала в пятне. Это обусловлено большой трудоёмкостью измерения площади пятна ТСМ на экране палеткой.

В целом, можно считать, что по результатам сравнительных испытаний способов определения количества ТСМ на экране – при определении их относительной погрешности и трудоёмкости – наиболее предпочтительным является способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана.

### **4.3 Результаты определения и статистической оценки метода оперативного контроля величины потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов в стационарных и полевых условиях**

Экспериментальные исследования по определению показателей величины потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) при техническом обслуживании (ТО) тракторов проведены по методике 3.4.

Экспериментально-расчётный и расчётный методы оценки величины потерь ТСМ при ТО тракторов приведены в методике 3.4. Они сводятся к получению экспериментальных и расчётных значений, соответствующих величине массы потерь ТСМ и коэффициентов потерь ТСМ в стационарных и полевых условиях.

Потери ТСМ возможны при операциях, связанных с заменой и пополнением их уровней в соответствующих ёмкостях трактора. Следовательно, в качестве таких операций нужно принимать во внимание те, которые предусмотрены к выполнению при техническом обслуживании в соответствии с их руководством по эксплуатации тракторов.

Таблица 15 – Операции технического обслуживания тракторов МТЗ-80, МТЗ-1221, К-744Р и Агромаш-90ТГ, подлежащие выполнению при проведении производственных испытаний

Операции	Марка трактора	Периодичность, моточ				
		10	125	250	500	1000
1. Проверить уровень масла и при необходимости долить:						
в картер дизеля	МТЗ-80	+	–	–	–	–
	МТЗ-1221	+	–	–	–	–
	К-744Р	+	–	–	–	–
	Агромаш-90ТГ	+	–	–	–	–
в топливный насос	Агромаш-90ТГ	–	+	–	–	–
в корпус трансмиссии (КП)	МТЗ-80	–	–	–	+	–
	МТЗ-1221	+) )	–	–	–	–
	Агромаш-90ТГ	–	–	–	+	–
в гидросистему КП	К-744Р	–	+	–	–	–
в гидросистему навесного устройства и управления поворотом	К-744Р	–	+	–	–	–
в корпус заднего моста	Агромаш-90ТГ	–	–	–	+	–
в картеры главных передач ведущих мостов	К-744Р	–	+	–	–	–
в картеры конечных передач ведущих мостов	К-744Р	–	+	–	–	–
в корпуса конечных передач	Агромаш-90ТГ	–	–	–	+	–
в корпус редуктора ВОМ	Агромаш-90ТГ	–	–	–	+	–
в корпус гидроусилителя руля	МТЗ-80	–	–	–	+	–
в корпус редуктора пускового двигателя	МТЗ-80	–	–	–	+	–
	Агромаш-90ТГ	–	–	–	+	–
в бак гидронавесной системы и ГОРУ (ГОРУ – только для МТЗ-	МТЗ-80				+	
	МТЗ-1221	+) )	–	–	–	–

1221)	Агромаш-90ТГ		+	-	-	-
в ванну воздухозаборника отопителя-охладителя	МТЗ-80	-	+	-	-	-
в колесных редукторах	МТЗ-1221	-	-	+	-	-
в главной передаче переднего ведущего моста	МТЗ-1221	-	-	+	-	-
в подшипники поддерживающих роликов	Агромаш-90ТГ	-	+	-	-	-
в подшипники направляющих колес	Агромаш-90ТГ	-	+	-	-	-
в подшипники опорных катков	Агромаш-90ТГ	-	+	-	-	-
в цапфы кареток подвески	Агромаш-90ТГ	-	+	-	-	-
2. Заменить масло:						
в картере дизеля	МТЗ-80	-	-	-	+	-
	МТЗ-1221	-	-	+	-	-
	К-744Р	-	-	+	-	-
	Агромаш-90ТГ	-	-	-	+	-
в топливном насосе	МТЗ-80	-	-	-	+	-
	Агромаш-90ТГ	-	-	-	+	-
в трансмиссии, баке гидросистемы, ГОРУ, главной передаче и колесных редукторов ПВМ	МТЗ-1221	-	-	-	-	+

3. Заменить фильтрующие элементы:						
фильтрующий элемент фильтра бака гидросистемы	МТЗ-80	–	–	–	+	–
БФЭ (фильтроэлементы) масляного фильтра дизеля	МТЗ-1221	–	–	+	–	–
	К-744Р	–	–	+	–	–
масляный фильтр гидросистемы	МТЗ-1221	–	–	–	+	–
масляный фильтр ГОРУ	МТЗ-80	–	–	–	+	–
	МТЗ-1221	–	–	–	+	–
фильтра тонкой очистки топлива	К-744Р	–	–	–	–	+
	МТЗ-80	–	–	–	–	+
	Агромаш-90ТГ		–	–	–	+
4. Обслуживание воздухоочистителя	–					
проверить уровень и состояние масла в поддоне воздухоочистителя, при необходимости долить или заменить	МТЗ-80	–	+	–	–	–
снять с дизеля воздухоочиститель, разобрать его, очистить внутреннюю полость, промыть фильтрующие элементы (или заменить их)	МТЗ-80	–	–	–	+	+
	Агромаш-90ТГ	–	+	–	–	–
5. Слить:						
отстой из топливных фильтров	МТЗ-80	–	+	–	–	–
	МТЗ-1221	–	+	–	–	–

грубой очистки	К-744Р	-	+	-	-	-
	Агромаш-90ТГ	-	+	-	-	-
отстой из топливных фильтров тонкой очистки	МТЗ-80	-	+	-	-	-
	МТЗ-1221	-	-	-	+	-
	К-744Р	-	+	-	-	-
отстой из топливных баков	МТЗ-80	-	-	-	+	-
	МТЗ-1221	-	+	-	-	-
	Агромаш-90ТГ	-	+	-	-	-
утечки масла из кожуха гидроаккумулятора	МТЗ-80	-	-	-	-	+
6. Очистить и промыть:						
ротор центробежного масляного фильтра дизеля	МТЗ-80	-	-	-	+	-
	МТЗ-1221	-	-	+	-	-
	К-744Р	-	-	+	-	-
	Агромаш-90ТГ	-	-	-	+	-
	МТЗ-1221	-	-	-		
фильтр грубой очистки топлива	МТЗ-1221	-	-	-	-	+
	МТЗ-80	-	-	-	-	+
сапун и сетку маслозаливной горловины дизеля	МТЗ-80	-	-	-	-	+
крышки и фильтры баков пускового и основного двигателей	МТЗ-80	-	-	-	-	+

топливоподводящий штуцер карбюратора пускового двигателя	МТЗ-80	–	–	–	–	+
карбюратор пускового двигателя	Агромаш-90ТГ	–	–	–	–	+
сапун дизеля	Агромаш-90ТГ	–	–	–	–	+
сливной фильтр гидронавесной системы	Агромаш-90ТГ	–	–	+	–	–
сливные фильтры гидронавесной системы и гидроусилителя руля	МТЗ-1221	–	–	–	–	+
фильтр предварительной очистки масла дизеля	МТЗ-80	–	–	–	+	–
фильтрующий элемент регулятора давления воздуха в пневмосистеме	МТЗ-80	–	–	–	+	–
	МТЗ-1221	–	–	–	+	–
воздухоочиститель пускового двигателя	МТЗ-80	–	–	–	+	–
	Агромаш-90ТГ	–	+	–	–	–
воздухоочиститель дизеля	МТЗ-1221	–	–	–	–	+
центробежный фильтр КП	МТЗ-1221	–	–	+	–	–
сетчатый масляный фильтр КП	МТЗ-1221	–	–	+	–	–
Примечание – Знаком плюс со скобкой «+» обозначены операции ЕТО, необходимость выполнения которых контролируется по масломерному стеклу (МТЗ-1221)						

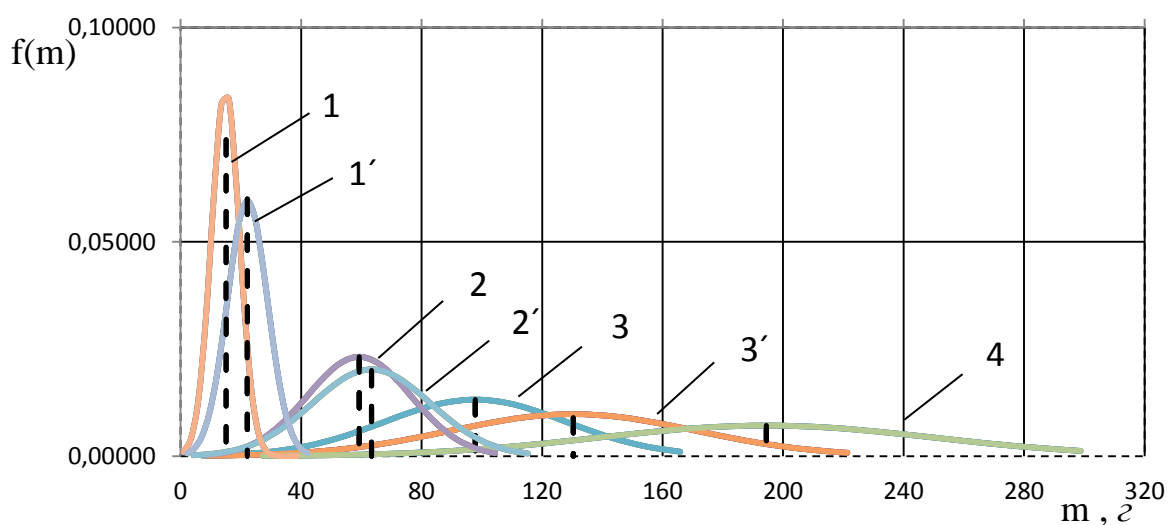
Исходные экспериментальные и расчётные данные для их вычисления – по таблице 8. При этом к экспериментальным данным относится масса проливаемых ТСМ при ТО испытываемых тракторов (МТЗ-80, МТЗ-1221, К-



744 и Агромаш-90 ТГ). Трактор МТЗ-80, выбранный в качестве трактора-аналога, как имеющей наименьшие потери ТСМ при их ТО. Аналогичные расчётные данные (для расчётного метода) – число точек обслуживания с применением ТСМ. Кроме того, для реализации обоих методов приняты во внимание периодичности выполнения операций с применением ТСМ. Эти данные (Таблица 15, Приложение А) были найдены в результате анализа технологий ТО тракторов, изложенных в руководствах по их эксплуатации.

На этапе теоретического исследования (анализа математической модели и выбора её вариантов – подраздел 2.6) было установлено, что вариант модели (33), основанный на статистических (определяющих) испытаниях контролируемого трактора, является наиболее трудоёмким и поэтому он не был принят к экспериментированию.

Экспериментальные данные по массе потерь ТСМ при реализации способа и применении экрана показаны на рисунке 21 для трактора МТЗ-80.



1, 1' – при ЕТО; 2, 2'- при ТО-1; 3, 3' – при ТО-2 соответственно в стационарных и полевых условиях; 4 – при ТО-3 в стационарных условиях

Рисунок 21 – Функции плотности  $f(m)$  распределения потерь  $m$  ТСМ по видам ТО трактора МТЗ-80

Зависимость функции распределения потерь ТСМ по видам ТО для трактора МТЗ-80 в таблице 16.

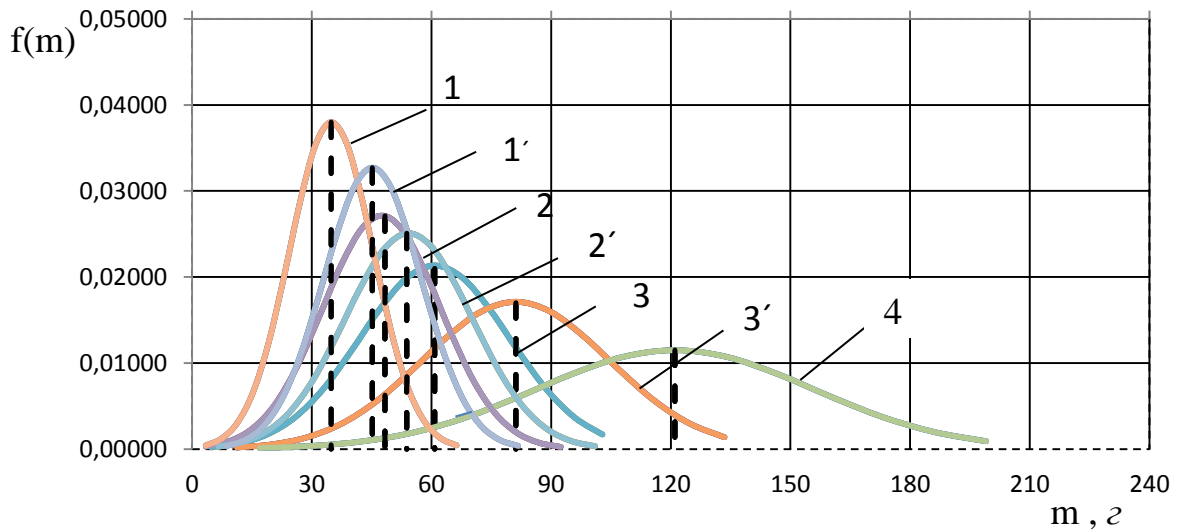
Экспериментальные данные по массе проливаемых ТСМ при выполнении отдельных видов ТО получены по трактору модели МТЗ-80, принятым за трактор-аналог с наименьшими потерями ТСМ при ТО, так как число операций с применением ТСМ по этой модели наименьшее из принятых во внимание МТЗ-1221, К-744 и Агромаш-90 ТГ.

Результаты обработки данных для трактора К-744Р, полученные при числе наблюдений, равном 30, представлены в таблице 16 и на рисунке 22.

Таблица 16. –Зависимость функции плотности  $f(m)$  распределения потерь  $m$  ТСМ по видам ТО трактора МТЗ-80: 1, 1' – при ЕТО; 2, 2' - при ТО-1; 3, 3' – при ТО-2 соответственно в стационарных и полевых условиях; 4 – при ТО-3 в стационарных условиях

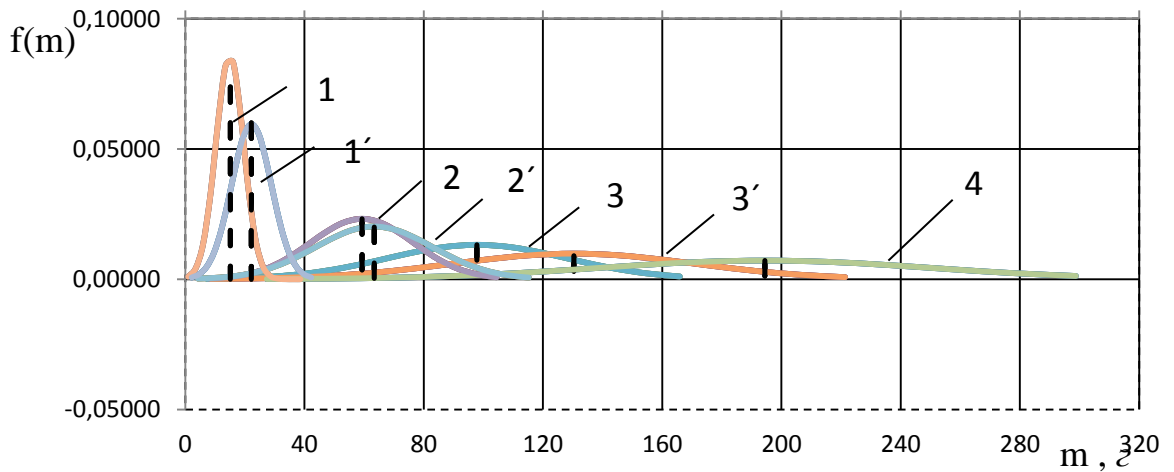
№ п/п	Обозначение	Зависимость функции распределения потерь ТСМ по видам ТО	Математическое ожидание массы потерь ТСМ $\bar{m}$	Среднеквадратическое отклонение $\sigma$	Коэффициент вариации $v$	Закон распределения
1	1	$f(m) = \frac{1}{2,1\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(7,02-m)^2}{2*2,1^2}}$	7,02	2,10	0,29	нормальный
2	1'	$f(m) = \frac{1}{3,8\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(12,10-m)^2}{2*3,8^2}}$	12,10	3,80	0,31	нормальный
3	2	$f(m) = \frac{1}{9,1\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(28,87-m)^2}{2*9,1^2}}$	28,87	9,10	0,32	нормальный

4	2'	$f(m) = \frac{1}{10,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(35,48-m)^2}{2*10,2^2}}$	35,48	10,2	0,29	нормальный
5	3	$f(m) = \frac{1}{14,9\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(49,7-m)^2}{2*14,9^2}}$	49,70	14,5	0,29	нормальный
6	3'	$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2\sigma^2}}$	65,5	18,9	0,29	нормальный
7	4	$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2\sigma^2}}$	98,0	29,5	0,30	нормальный



1, 1' – при ЕТО; 2, 2'- при ТО-1; 3, 3' – при ТО-2 соответственно в стационарных и полевых условиях; 4 – при ТО-3 в стационарных условиях

Рисунок 22 – Функции плотности  $f(m)$  распределения потерь  $m$  ТСМ по видам ТО трактора К-744Р



1, 1' - при ЕТО; 2, 2'- при ТО-1; 3, 3' - при ТО-2 соответственно в стационарных и полевых условиях; 4 – при ТО-3 в стационарных условиях трактора Агромаш-90ТГ

Рисунок 23– Дифференциальные функции распределения потерь ТСМ по видам ТО

Таблица 17. –Зависимость функции плотности  $f(m)$  распределения потерь  $m$  ТСМ по видам ТО трактора МТЗ-80: 1, 1' – при ЕТО; 2, 2'- при ТО-1; 3, 3' – при ТО-2 соответственно в стационарных и полевых условиях; 4 – при ТО-3 в стационарных условиях К-744Р

№ п / п	Обозначение	Зависимость функции распределения потерь ТСМ по видам ТО	Математическое ожидание массы потерь ТСМ	Средне-квадратическое отклонение	Коэффициент вариации	Закон распределения
1	1	$f(m) = \frac{1}{10,5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(34,5-m)^2}{2 \cdot 10,5^2}}$	34,9	10,5	0,30	нормальный

2	1'	$f(m) = \frac{1}{12,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(45,2-m)^2}{2*12,2^2}}$	45,2	12,2	0,285	нормальный
3	2	$f(m) = \frac{1}{14,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(47,5-m)^2}{2*14,7^2}}$	47,5	14,7	0,309	нормальный
4	2'	$f(m) = \frac{1}{15,9\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(54,3-m)^2}{2*15,9^2}}$	54,3	15,9	0,291	нормальный
5	3	$f(m) = \frac{1}{18,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(60,81-m)^2}{2*18,7^2}}$	60,81	18,7	0,307	нормальный
6	3'	$f(m) = \frac{1}{23,3\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(81,14-m_0)^2}{2*23,3\sigma^2}}$	81,14	23,3	0,276	нормальный
7	4	$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(121,03-m_0)^2}{2*34,7^2}}$	121,03	34,7	0,286	нормальный

Для трактора Агромаш-90ТГ результаты статистической обработки представлены в таблице 18, а их графики на рисунке 23.

Таблица 18. –Зависимость функции плотности  $f(m)$  распределения потерь  $m$  ТСМ по видам ТО трактора Агромаш-90ТГ: 1, 1' – при ЕТО; 2, 2' - при ТО-1; 3, 3' – при ТО-2 соответственно в стационарных и полевых условиях; 4 – при ТО-3 в стационарных условиях

№ п / п	Обозначение	Зависимость функции распределения потерь СМ по видам ТО	Математическое ожидание массы потерь ТСМ	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации	Закон распределения искомой величины
1	1	$f(m) = \frac{1}{4,69\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(14,9-m)^2}{2*4,69^2}}$	14,9	4,65	0,312	нормальный
2	1'	$f(m) = \frac{1}{6,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(22,2-m)^2}{2*6,7^2}}$	22,2	6,7	0,301	нормальный
3	2	$f(m) = \frac{1}{17,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(59,27-m)^2}{2*17,2^2}}$	59,2	17,2	0,290	нормальный
4	2'	$f(m) = \frac{1}{19,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(63,3-m)^2}{2*19,7^2}}$	63,3	19,7	0,311	нормальный
5	3	$f(m) = \frac{1}{30,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(97,8-m)^2}{2*30,2^2}}$	97,8	30,2	0,308	нормальный
6	3'	$f(m) = \frac{1}{40,6\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(81,14-m_0)^2}{2*40,6\sigma^2}}$	130,3	40,6	0,311	нормальный
7	4	$f(m) = \frac{1}{55,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(194,4-m_0)^2}{2*55,7^2}}$	194,4	55,7	0,286	нормальный

Принимая во внимание  $\bar{M}_q$  по МТЗ-80 (Таблица 15) и имея аналогичные данные по МТЗ-1221, К-744 и Агромаш-90 ТГ, в соответствии с Приложением Б.2 были вычислены коэффициенты  $K_2$ . Затем результаты вычислений, полученные в количестве 30 по каждой модели трактора, что соответствовало принятому числу наблюдений, были обработаны на ПК.

На следующем этапе в соответствии с Приложением Б.2 и по данным таблицы А.2 были определены расчётные коэффициенты потерь ТСМ  $K_3$  по тем же моделям тракторов, по которым были проведены статистические испытания. Затем по формулам (132)-(133) были вычислены абсолютные и относительные значения погрешности определения  $K_3$ , по (134) – общая погрешность расчетного метода. Полученные результаты представлены в таблице 19 и также показаны на рисунке 24.

Таким образом, в ходе статистических испытаний, при реализации экспериментально-расчетного метода оценки потерь ТСМ при ТО в производственных условиях, определены статистические оценки коэффициентов  $K_2$  тракторов МТЗ-1221, К-744 и Агромаш-90 ТГ в сопоставлении с МТЗ-80. В дальнейшем полученные результаты также сопоставлены с результатами определения этих же показателей расчётным методом. В конечном итоге определена погрешность этого метода.

Произведена статистическая оценка модели по коэффициенту  $K_2$ , полученному на основе сравнения показателей контролируемых тракторов (МТЗ-1221, К-744Р, Агромаш-90 ТГ) и их аналога с наименьшими потерями ТСМ при ТО (МТЗ-80): закон распределения  $K_2$  по критерию Пирсона  $P(\chi^2)$  – нормальный; относительная ошибка определения  $K_2$  – не более 5 % (4,6 %) при доверительной вероятности  $\alpha$ , равной 0,95.

Погрешность расчётного метода определена по результатам испытаний расчётно-экспериментального метода. При этом установлено, что общая относительная погрешность расчётного метода по названным моделям тракторов не превышает 12 % (таблица 19, строка 5), в число которой входит

случайная погрешность в пределах от 3,9 до 4,6 % (таблица 19, строка 6), а также систематическая погрешность в пределах от 5,5, до 7,7 %.

Таблица 19 - Результаты статистической обработки экспериментальных данных по  $K_2$

Параметры	Обозначения	Результаты обработки данных по маркам тракторов:		
		МТЗ-1221	К-744Р	Агромаш-90 ТГ
1. Объем наблюдений, шт.	$N$	30	30	30
2. Математическое ожидание	$\bar{K}_2$	1,021	1,235	1,984
3. Среднее квадратическое отклонение	$S$	0,137	0,148	0,251
4. Коэффициент вариации	$V$	0,13	0,12	0,13
5. Абсолютная ошибка	$\Delta$	0,047	0,054	0,078
6. Относительная ошибка, %	$\bar{\delta}_x$	4,6	4,4	3,9
7. Закон распределения	Гаусса	Гаусса	Гаусса	Гаусса
8. Критерий согласия Пирсона	$P(\chi^2)$	4,75	4,21	1,48

Следовательно, в соответствии с требованием точности практическое применение расчетного метода определения потерь ТСМ при ТО тракторов по коэффициенту потерь ТСМ вполне приемлемо. В результате производству



предложено два метода оценки потерь ТСМ при ТО тракторов (коэффициентам  $K_2$  и  $K_3$ ) – экспериментально-расчётный и расчётный.

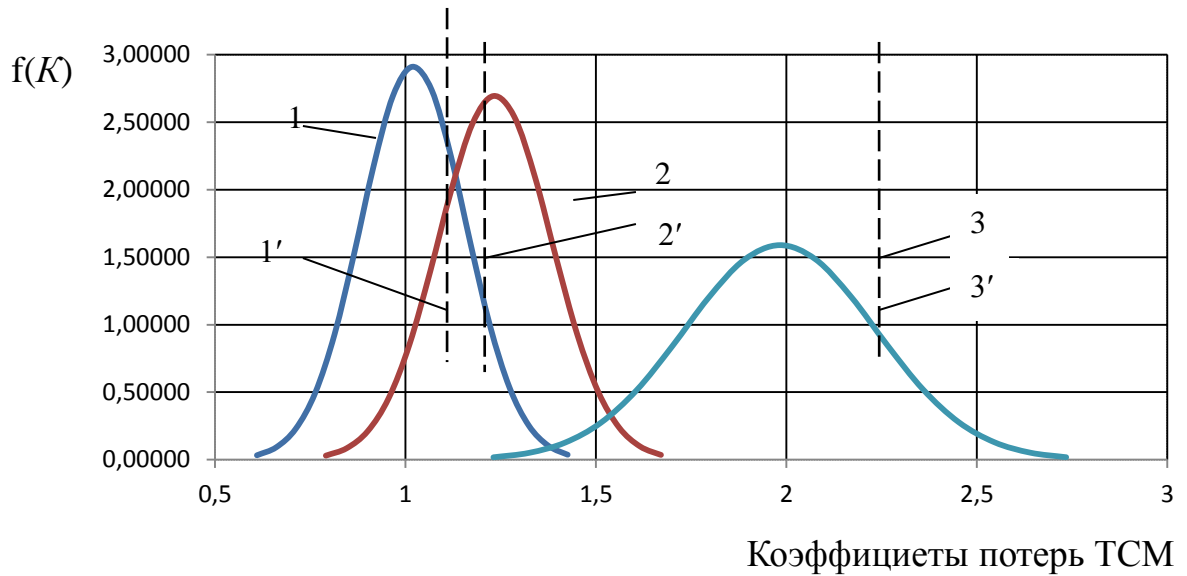
Таблица 20 - Результаты определения погрешности  $K_3$

Параметры	Обозначения	Результаты обработки данных по маркам тракторов:		
		МТЗ-1221	К-744Р	Агромаш-90 ТГ
1. Экспериментальное значение коэффициента (математическое ожидание)	$\bar{K}_2$	1,021	1,235	1,984
3. Расчетное значение значения Коэффициента	$K_3$	1,081	1,149	2,137
3. Абсолютная погрешность (модуль разности)	$\Delta_c$	0,060	0,086	0,153
4. Относительная погрешность, %	$\delta_c$	5,9	7,0	7,7
5. Общая погрешность (сумма соответствующих цифр строки 6 по таблице 18 и строки 4 по данной таблицы)	$\delta_o$	10,5	11,4	11,6

Первый из них может быть применён при эксплуатации тракторов в сельскохозяйственных предприятиях и государственных приёмочных испытаниях (ГПИ), а второй – на этапе проектирования и выпуска тракторов из производства.

На завершающем этапе по приведённым результатам статистических испытаний были определены суммарные потери ТСМ за цикл ТО (за период наработки 1000 моточ) по маркам тракторов, принятым для

экспериментального исследования. При этом данные для расчётов в соответствии с формулой (44) были приняты:  $K_2$  – по таблице 19,  $M_{qд} = \bar{M}_q$ .



1-1' – МТЗ-1221; 2-2' – К744Р; 3-3' – Агромаш-90 ТГ

Рисунок 24 – Коэффициенты потерь ТСМ при ТО тракторов, полученные экспериментальным  $\bar{K}_2$  (кривые нормального распределения) и расчётным  $K_3$  (вертикальные штриховые линии, соответствующие  $\bar{K}_2$ ) методами

Поскольку за сравнительную базу был принят трактор МТЗ-80 как имеющий наименьшие потери ТСМ при ТО, а также наименьшее число смазочно-заправочных операций, то значение  $\bar{K}_2$  по этой марке тракторов равно единице, а  $M_{qд}$  и  $M_{qц}$  равны между собой (таблица 20, строка 1). Результаты расчетов представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Результаты определения суммарных потерь ТСМ  $M_{ц}$  за цикл ТО тракторов

Тракторы	Показатели:			
	коэффициент потерь ТСМ, $\bar{K}_2$	удельные суммарные допускаемые потери ТСМ $M_{qd}$ , г/моточ	удельные суммарные потери ТСМ за цикл ТО $M_{qc}$ , г/моточ	суммарные потери ТСМ за цикл ТО $M_{ц}$ , г
МТЗ-80	1,000	1,170	1,170	1170
МТЗ-1221	1,021	1,170	1,195	1195
К-744	1,235	1,170	1,445	1445
Агромаш-90 ТГ	1,984	1,170	2,321	2321

Средние потери ТСМ при ТО этих марок тракторов за цикл, кратный ТО-3, составляют 1534 г.

## Экономический эффект от внедрения мероприятий по контролю потерь ТСМ

Экономический эффект от внедрения мероприятий по контролю потерь топливно-смазочных материалов в соответствии с методикой определения экономической эффективности [75, 76] годовой экономический эффект равен:

$$\mathcal{E}_r = (Z_1 - Z_2) \cdot A_2, \quad (135)$$

где  $\mathcal{E}_r$  – годовой экономический эффект, руб.;

$Z_1, Z_2$  – удельные (приведённые) затраты при существующем и базовом варианте, руб./единицу работы;

$A_2$  – годовой объем работ, выполненный в расчётном году.

Фактическую удельную суммарную стоимость (руб/моточ) потерь ТСМ найдём как сумму удельных суммарных затрат на смазочно-заправочные материалы, удельные суммарные затраты труда на устранение последствий отказов и удельные суммарные потери от простоев тракторов при устранении последствий отказов.

Удельные суммарные затраты на смазочные-заправочные материалы:

$$C_{qM} = M_{qЦ} \rho_M^{-1} Ц_M, \quad (136)$$

где  $M_{qЦ}$  – удельные суммарные потери ТСМ за цикл ТО, г/моточ;

$\rho_M^{-1}$  – средняя плотность ТСМ, кг/м<sup>3</sup>;

$Ц_M$  – цена одного литра масла, руб.

Удельные суммарные затраты труда на устранение последствий отказов:

$$C_{qM} = t_q C_T, \quad (137)$$

где  $t_q$  – удельная суммарная трудоёмкость чел./ч;

$C_T$  – тарифная ставка оператора по ТО руб./моточ;

Удельные суммарные потери от простоев тракторов при устранении последствий отказов:

$$C_{qП} = T_q C_П \quad (138)$$

где  $T_q$  – удельная суммарная продолжительность ч;

$C_{II}$  – суммарная стоимость потерь от простоев.

Расчёт затрат.

Удельные суммарные затраты на смазочно-заправочные материалы до внедрения.

$$C'_{qM} = 1,534 \cdot 0,81^{-1} \cdot 220 \cdot 10^{-3} = 0,420 \text{ руб./моточ}$$

Удельные суммарные затраты на смазочно-заправочные материалы после внедрения.

$$C''_{qM} = 0,912 \cdot 0,81^{-1} \cdot 220 \cdot 10^{-3} = 0,250 \text{ руб./моточ}$$

Удельные суммарные затраты труда на устранение последствий отказов до внедрения.

$$C'_{qM} = 0,2 \cdot 286 \cdot 10^{-3} = 0,057 \text{ руб./моточ}$$

Удельные суммарные затраты труда на устранение последствий отказов после внедрения.

$$C''_{qM} = 0,05 \cdot 286 \cdot 10^{-3} = 0,014 \text{ руб./моточ}$$

Удельные суммарные потери от простоев тракторов при устранении последствий отказов до внедрения.

$$C'_{qII} = 0,2 \cdot 1812 \cdot 10^{-3} = 0,36 \text{ руб./моточ}$$

Удельные суммарные затраты труда на устранение последствий отказов до внедрения после внедрения.

$$C''_{qII} = 0,05 \cdot 1812 \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ руб./моточ}$$

Находим удельные суммарные затраты до внедрения

$$C'_q = 0,420 + 0,057 + 0,36 = 1,35$$

Находим суммарные затраты после внедрения

$$C''_q = 0,250 + 0,014 + 0,090 = 0,35$$

Результаты показаны в таблице 22.

Таблица 22 – Удельная стоимость потерь ТСМ за цикл ТО тракторов

Показатели	Значение показателя		Изменение показателя	
	до внедрения	после внедрения	в абсолютных единицах	в процентах
Удельные затраты на смазочные материалы, руб./моточ	0,420	0,250	0,17	40
Удельные затраты труда на устранение последствий отказов, руб/моточ	0,057	0,014	0,043	53
Удельные потери от простоев тракторов при устранении последствий отказов, руб/моточ	0,36	0,09	0,27	9

Определяем экономический эффект по формуле 135.

$$\mathcal{E}_T = (1,35 - 0,35) \cdot 1000 = 1000 \text{ руб}$$

Экономический эффект равен 1000 руб. на один трактор за цикл ТО.

## Заключение

1. Установлено, что потери ТСМ при ТО тракторов составляют от 5 до 10 % от общего количества ТСМ, используемого при ТО тракторов.

2. Разработана математическая модель процесса оперативного контроля потерь, позволяющая количественно оценить величину потерь ТСМ при ТО тракторов как по результатам статистических испытаний (экспериментально), так и на основе учёта количества СЗО (расчётный метод).

В общем виде полученная модель – это коэффициент потерь ТСМ  $K$  – отношение измеренных удельных суммарных показателей  $M_{II}$ , характеризующих потери ТСМ при ТО (в кг или м<sup>3</sup> на моточас), к соответствующему базовому показателю  $M_B$ . При постоянном значении  $M_B$  зависимость  $K$  от  $M_{II}$  имеет вид:  $y = kx$ , где  $k$  – коэффициент пропорциональности,  $x$  – аргумент. При этом суммарные потери ТСМ за некоторый произвольный период наработки тракторов  $\tau$  в функции от  $M_B$ ,  $K$  и  $\tau$  в общем виде также имеют зависимость  $y = kx$ .

3. Разработаны методы оценки потерь ТСМ с применением выбранных средств их контроля: один из них – на основе измерения потерь по удельной массе ТСМ в пятне на экране; другой – по изменению массы экрана.

4. Установлено, что средние потери ТСМ за цикл ТО тракторов (1000 моточасов) составляют: по МТЗ-80 – 1170 г; МТЗ-1221 – 1195 г; К-744Р – 1445 г; Агромаш-90ТГ – 2321 г.

5. Производственная проверка основных результатов исследований была осуществлена в условиях сельхозпредприятий АО «Сибирская Нива» и ФГУП «Элита» Иркутской области в 2015-2018 годах. Получены статистические данные для оценки величины потерь ТСМ и коэффициентов определения потерь ТСМ при ТО тракторов МТЗ-80, МТЗ-1221, К-744 и Агромаш-90ТГ.

Произведена статистическая оценка математической модели по коэффициенту, полученному на основе сравнения показателей контролируемых тракторов (МТЗ-1221, К-744Р, Агромаш-90ТГ) и их аналога с наименьшими потерями ТСМ при ТО (МТЗ-80). Закон распределения коэффициента потерь ТСМ по критерию Пирсона  $P(\chi^2)$  – нормальный; относительная ошибка его определения – не более 5 % (4,6 %) при доверительной вероятности  $\alpha$ , равной 0,95. Установлено, что относительная погрешность расчётного метода по отношению к расчетно-экспериментальному не превышает 8 % (7,7 %).

б. Годовой экономический эффект от применения метода оперативного контроля составляет в среднем около 1000 рублей на один трактор.

#### **Рекомендации производству:**

Разработанный метод и технические средства оперативного контроля потерь ТСМ при ТО тракторов могут быть использованы в предприятиях АПК и технического сервиса – при ТО тракторов в стационарных и полевых условиях.

**Перспективы дальнейшего развития темы исследования** – создание методов комплексной оценки потерь ТСМ, предусматривающей повышение точности их оценки.



### Список сокращений и условных обозначений

АПК – агропромышленный комплекс;

МТП – машинно-тракторный парк;

ГПИ – государственные приёмочные испытания;

ООС – охрана окружающей среды;

ТО – техническое обслуживание;

ЕТО – ежесменное техническое обслуживание;

ТО-1, ТО-2, ТО-3 – периодические ТО тракторов: первое, второе, третье;

ТСМ – топливно-смазочные материалы;

СЗО – смазочно-заправочные операции;

ЧМС – человеко-машинная система;

$N_M$  – число обслуживаемых тракторов;

$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  – наработка тракторов между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\tau$  – наработка тракторов за произвольный период времени;

$K_1$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, полученный на основе определительных статистических испытаний контролируемой тракторов;

$K_2$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, полученный при сравнении показателей контролируемой тракторов и её аналога с наименьшими потерями ТСМ;

$K_3$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, полученный при сравнении числа СЗО контролируемого трактора и его аналога с наименьшими потерями ТСМ;

$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K; \overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  – математические ожидания потерь всех видов ТСМ при выполнении ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 контролируемого трактора и по трактору-аналогу;

$\bar{M}_{CM-EO}$ ,  $\bar{M}_{CM-T1}$ ,  $\bar{M}_{CM-T2}$ ,  $\bar{M}_{CM-T3}$ ;  $\bar{M}_{OM-EO}$ ,  $\bar{M}_{OM-T1}$ ,  $\bar{M}_{OM-T2}$ ,  $\bar{M}_{OM-T3}$  – математические ожидания массы потерь свежих и отработанных масел при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\bar{M}_{ДТ-EO}$ ,  $\bar{M}_{ДТ-T1}$ ,  $\bar{M}_{ДТ-T2}$ ,  $\bar{M}_{ДТ-T3}$  – математические ожидания массы потерь дизельного топлива при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;

$\sigma_{\bar{M}_{EO}^K}$ ,  $\sigma_{\bar{M}_{T1}^K}$ ,  $\sigma_{\bar{M}_{T2}^K}$ ,  $\sigma_{\bar{M}_{T3}^K}$  – средние квадратические отклонения  $\bar{M}_{EO}^K$ ,  $\bar{M}_{T1}^K$ ,  $\bar{M}_{T2}^K$  и  $\bar{M}_{T3}^K$ ;

$n_{EO}^A$ ,  $n_{T1}^A$ ,  $n_{T2}^A$ ,  $n_{T3}^A$ ;  $n_{EO}^K$ ,  $n_{T1}^K$ ,  $n_{T2}^K$ ,  $n_{T3}^K$  – число СЗО при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 тракторов-аналога, имеющей наименьшие потери ТСМ при ТО или наименьшее число СЗО, и контролируемой тракторов;

$\bar{x}$ ,  $\sigma$ ,  $V$  – математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации случайной величины;

$t_\alpha$  – квантиль распределения (критерий  $t$ ) Стьюдента при заданной доверительной вероятности  $\alpha$ ;

$u_\alpha$  – квантиль нормального распределения

$m_H$ ,  $m_B$  – нижние и верхние доверительные границы;

$\Delta_H$ ,  $\Delta_B$  – абсолютная ошибка, вычисленная по нижней  $m_H$  и верхней  $m_B$  доверительной границе;

$\Delta_{\bar{x}}$  – среднее значение абсолютной ошибки;

$\varepsilon$  – предельная абсолютная ошибка;

$\delta$  – относительная ошибка, %;

$m_{Mi}$  – масса  $i$ -того материала (ТСМ);

$V_{Mi}$  – объем  $i$ -того материала (ТСМ);

$\rho_{Mi}$  – плотность  $i$ -того материала (ТСМ), кг/м<sup>3</sup>;

$S_{Mi}$  – площадь пятна  $i$ -того материала (ТСМ) в контрольной точке, м<sup>2</sup>;

$n$  – число наблюдений (пятен) в контрольной точке.

## Список принятых терминов

Качество – совокупность свойств и признаков продукции или услуги, которые влияют на их способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности [38].

Операция технического обслуживания (ТО) – законченная часть технического обслуживания изделия, представляющая совокупность приёмов, выполняемых на одном рабочем месте одним или группой исполнителей, установленными для выполняемой операции средствами технического обслуживания [82].

Операции по сливу рабочих жидкостей при техническом обслуживании тракторов – это работы [36], выполняемые при сливе масла из картерных полостей, преимущественно, при его замене в процессе ТО, а также при сливе отстоя топлива из полостей топливных фильтров при их обслуживании.

Отказ человеко-машинной системы (ЧМС) при ТО – это событие, вследствие которого возникают потери ТСМ в любой форме.

Оценка уровня качества продукции – совокупность операций, включая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми [32].

Показатели безопасности – показатели качества, характеризующие особенности изделия, обуславливающие при его использовании безопасность обслуживающего персонала, а также сопрягаемых и других объектов [82]. По ГОСТ Р 51898: безопасность – отсутствие недопустимого риска; опасность – потенциальный источник возникновения ущерба – нанесение физического повреждения, вреда здоровью людей или вреда имуществу и окружающей среде. Концепция безопасности: не может быть абсолютной безопасности – некоторый риск, определенный как остаточный, будет оставаться.

Потери ТСМ при ТО тракторов – это расходы ТСМ при ТО, которые не предусмотрены руководством по эксплуатации тракторов, но могут быть в случае отказа ЧМС.

Техническая безопасность ТО – это свойство производственного оборудования или процесса его применения соответствовать требованиям безопасности труда, установленным нормативной документацией.

Техническое обслуживание – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании [82].

Топливо-смазочные материалы – свежие и отработанные масла, заливаемые и сливаемые из корпусов тракторов; а также дизельное топливо как сливаемое из отстойников и фильтров топливной системы, так и используемое в качестве моющей жидкости.

## Список литературы

1. Альт, В. В. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей / В. В. Альт, И. П. Добролюбов, О. Ф. Савченко ; под ред. д.т.н. В. В. Альта. – РАСХН, Сиб. отд-ние. – СибФТИ. - Новосибирск : СО РАСХН, 2001. - 220 с.
2. Аттестация травмоопасных рабочих мест при техническом обслуживании и ремонте автомобильной техники / Р.Р. Садыков [и др.] // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 8. – С. 56-58.
3. Безопасность производственных процессов на предприятиях машиностроения: учеб. для вузов / В.В. Сафронов [и др.]. – М.: Новое знание, 2006. – 461 с.
4. Беларусь 1221: руководство по эксплуатации 1221 – 0000010РЭ / сост. В.Г. Левков; ред. М.Г. Мелешко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн. : ПО «Минский тракторный завод», 2000. – 224 с.
5. Бермант, А.Ф. Краткий курс математического анализа для втузов: учеб. для вузов / А.Ф. Бермант; под ред. И.Г. Арамановича. – 3-е изд., стереотип. – М.: Наука, 1965. – 664 с.
6. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
7. Болукова, И.А. Организация системы управления качеством на предприятиях технического сервиса / И.А. Болукова // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 1. – С. 40-42.
8. Бондарева, Г.И. Оценка технического состояния элементов тракторов и технологического оборудования с применением средств и методов технической диагностики / Г.И. Бондарева, А.В. Пегушин // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 7. – С. 33-37.

9. Бураев, М.К. Повышение уровня производственно-технической эксплуатации машинно-тракторного парка: монография / М.К. Бураев. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2008. – 187 с.

10. Буренко, Л.А. Обеспечение безопасности на участках окраски, заправки тракторов и складах предприятий технического сервиса в АПК / Л.А. Буренко, В.А. Казакова, И.Б. Ивлева // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 1. – С. 46-50.

11. Буренко, Л.А. Техника безопасности при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте техники в крестьянских, фермерских хозяйствах / Л.А. Буренко, Е.М. Филиппова, И.Б. Ивлева // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2012. – № 6. – С. 40-57; № 7. – С. 14-22; № 8. – С. 26-33.

12. Буренко, Л.А. Требования безопасности при техническом обслуживании тракторов и сельскохозяйственных тракторов в полевых условиях / Л.А. Буренко, В.А. Казакова, И.Б. Ивлева // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 7. – С. 59-61.

13. Буренко, Л.А. Требования безопасности при техническом обслуживании тракторов и сельскохозяйственных тракторов в полевых условиях / Л.А. Буренко, В.А. Казакова, И.Б. Ивлева // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 9. – С. 47-48.

14. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: учебник / Е.С. Вентцель. – 11-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.

15. Воронин, Д.М. Прогнозирование эксплуатационных затрат при обслуживании техники / Д.М. Воронин, Ю.Н. Блынский, А.А. Малышко // Механизация и электрификация. – 2009. – № 4. – С. 60-66.

16. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [Электронный ресурс] : утв. Госкомэкологии РФ 9 марта 1999 г. / Л.В. Вершкова [и др.]. – Режим доступа: <http://lawru.info/dok/1999/03/09/n411486.htm>.

17. Габитов, И. Региональные особенности организации технического

сервиса сельскохозяйственной техники и оборудования / И. Габитов, И. Тимергалин, А. Нуриев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2012. – № 2. – С. 51-53.

18. Газетин, С. Арсенал для электронной диагностики / С. Газетин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2007. – № 9. – С. 54-56.

19. Голубев, И.Г. Оценка качества технического сервиса тракторов / И.Г. Голубев, А.Ю. Фадеев, В.А. Макуев // Техника и оборудование для села. – 2010. – № 7 (157). – С. 40-41.

20. Горшков, Ю. Улучшение условий труда операторов мобильных колесных тракторов за счет автоматической блокировки простого шестеренчатого дифференциала / Ю. Горшков, А. Попова // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 2. – С. 43-47.

21. ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 12.0.002-74; введ. 1982-01-01. – М. : Стандартиформ, 2011. – 19 с.

22. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989-01-01 взамен ГОСТ 12.1.005-76. – М.: Стандартиформ, 2008. – 163 с.

23. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. впервые 10.03.76. – М.: Стандартиформ, 2007. – 5 с.

24. ГОСТ 12.2.002-91. Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности. – Введ. 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 60 с.

25. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – Введ. 06.06.91 взамен ГОСТ 12.2.003-74. – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.

26. ГОСТ 12.2.019-2005. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и тракторов самоходные. Общие требования безопасности. – Введ. 10.11.2009 взамен ГОСТ 12.2.019-86. – М.: Стандартиформ, 2010. – 14 с.

27. ГОСТ Р 14.09-2005. Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента. – Введ. 2007-01-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 38 с.

28. ГОСТ 17.2.2.02-98. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных тракторов – Введ. 1999-07-01 взамен ГОСТ 17.2.2.02-86. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 26 с.

29. ГОСТ 17.2.2.05-97. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных тракторов – Введ. 01.07.1999 взамен ГОСТ 17.2.2.05-86. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 12 с.

30. ГОСТ 27.002. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 2017-03-01 взамен ГОСТ 27.002-89. – М.: Стандартиформ, 2017. – 30 с.

31. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. – Введ. 01.01.86 взамен ГОСТ 1510-76. – М.: Стандартиформ, 2010. – 33 с.

32. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. – Введ. 01.07.79. – М.: Стандартиформ, 2009. – 22 с.

33. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Введен 01.01.80. – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.

34. ГОСТ 18523-79. Дизели тракторные и комбайновые. Сдача в капитальный ремонт и выпуск из капитального ремонта. Технические условия. – Введ. 01.01.81. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 16 с.



35. ГОСТ 18524-85. Тракторы сельскохозяйственные. Сдача тракторов в капитальный ремонт и выпуск из капитального ремонта. Технические условия. – Введ. 01.01.87 взамен ГОСТ 18524-80. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 14 с.

36. ГОСТ 20793-2009. Тракторы и тракторов сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-86; введ. 2011-05-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 19 с.

37. ГОСТ 21046-2015. Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2017 взамен ГОСТ 21046-86. – М.: Стандартиформ, 2016. – 8 с.

38. ГОСТ 50779.11-2000 (ИСО 3534.2-93) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения. – Введ. 2001-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008.

39. Дринча, В.М. Оперативность диагностирования автотранспортных средств и эффективность их использования / В.М. Дринча, Н.И. Мошкин, Д.А. Базаров // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 9. – С. 52-54.

40. Дружинин, Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем / Г.В. Дружинин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.

41. Дружинин, Г.В. Анализ эрготехнических систем / Г.В. Дружинин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.

42. Дунаев, А.В. Совершенствование нормативно-технической документации на техническое обслуживание машинно-тракторного парка / А.В. Дунаев, И.Д. Гафуров, Н.У. Вахитов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 8. – С. 40-42.

43. Дунаев, А.В. Совершенствование системы регламентного технического обслуживания МТП АПК / А.В. Дунаев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 3. – С. 26-31.

44. Евланов, Л.Г. Экспертные оценки в управлении / Л.Г. Евланов, В.А. Кутузов. – М.: Экономика, 1978. – 133 с.

45. Жуленков, В.И. Годовое число ремонтнообслуживаний мобильной техники / В.И. Жуленков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 1. – С. 17-18.

46. Завалишин, Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Манцев. – М.: Колос, 1982. – 231 с.

47. Зайдель, А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений / А.Н. Зайдель. – 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Наука, 1967. – 88 с.

48. Зябиров, И.М. Оценка эффективности технического диагностирования зерноуборочных комбайнов / И.М. Зябиров, В.И. Зябирова // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 1. – С. 50-52.

49. Инструкция по охране труда для слесарей по ремонту и техническому обслуживанию автомобиля // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2013. – № 1. – С. 43-51.

50. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 351 с.

51. Калыгин, В.Г. Экологическая безопасность в техносфере. Термины и определения / В.Г. Калыгин. – М.: Химия, КолосС, 2008. – 368 с.

52. Картошкин, А.П. Использование мобильной диагностической лаборатории при проведении технического обслуживания тракторов смешанного парка / А.П. Картошкин, С.В. Любимов // Сб. научн. трудов Междунар. н-техн. конф. «Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей», СПб, 2012. – С. 58-66.

53. Квалиметрия в машиностроении: учебник / Р.М. Хвастунов [и др.]. – М.: Экзамен, 2009. – 285 с.

54. Ковалев, Л.И. Экономические механизмы ресурсосбережения на техническое обслуживание и ремонт техники для животноводства / Л.И. Ковалев, И.Л. Ковалев // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 10

(183). – С. 36-40.

55. Ковриков, И.Т. Основы научных исследований и УНИРС: учебник / И.Т. Ковриков. – Оренбург : Агентство «Пресса», 2011. – 212 с.

56. Кокорев, Г.Д. Диагностирование дизелей методом цилиндрического баланса / Г.Д. Кокорев, И.Н. Николотов, И.А. Успенский // Тракторы и сельхозтракторов. – 2009. – № 8. – С. 45-46.

57. Кокорев, Г.Д. Формирование комплексной программы технического обслуживания и ремонта МТП / Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 11. – С. 43-45.

58. Колчин, А.В. Оперативный контроль вредных выбросов на рабочих участках МТС / А.В. Колчин, Е.М. Филиппова, М.Ж. Ахмедов // Техника в сельском хозяйстве. – 2002. – № 4. – С. 27-29.

59. Колчин, А.В. Оценка экологической и технической безопасности тракторов и сельскохозяйственных тракторов в условиях эксплуатации / А.В. Колчин // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 3. – С. 32-35.

60. Колчин, А.В. Развитие диагностирования МТП для обеспечения его экологической безопасности / А.В. Колчин, В.М. Михлин // Техника и оборудование для села. – 2007. – № 5. – С. 30-32.

61. Колчин, А.В. Экологическая диагностика тракторов и самоходных тракторов / А.В. Колчин // Тракторы и сельскохозяйственные тракторов. – 2005. – № 3. – С. 5-7.

62. Комаров, В.А. Моделирование назначения контрольно-диагностических и ремонтных воздействий на тракторов / В.А. Комаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 3. – С. 31-34.

63. Корольков, И.В. Оптимальная система обслуживания с непрерывной загрузкой / И.В. Корольков, Л.И. Королькова // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – № 2. – С. 27-29.

64. Краснощеков, Н.В. Повышение производительности тракторных агрегатов – приоритетное направление технической политики в АПК / Н.В.

Краснощеков // Тракторы и сельскохозяйственные тракторов. – 2002. – № 1. – С. 9-11.

65. Криков, А.М. Требования к системе информационной поддержки технической диагностики и технического обслуживания энергонасыщенных тракторов / А. Криков, Р. Бердникова // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2012. – № 2. – С. 47-50.

66. Крохта, Г. М. Формирование современной системы технического сервиса в АПК / Г. М. Крохта, В. В. Коноводов, Г. П. Бут // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. - 2002. - № 11. - С. 2-3.

67. Ксенович, М.П. Проблемы создания экологически безотказной мобильной энергетики: анализ и синтез научно-технического прогресса в инженерной сфере АПК России / М.П. Ксенович // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России. – М., 1997. – С. 88-99.

68. Кушнарёв, Л.И. Ресурсосбережение – основа повышения эффективности машиноиспользования в сельском хозяйстве / Л. И. Кушнарёв, В. Б. Дзуганов // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. - 2011. - № 7. - С. 2-5.

69. Ларин, Н.С. Достоверность информации при диагностировании тракторов по функциональным параметрам двигателей / Н.С. Ларин, А.Г. Саксин, Н.Ф. Полковников // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 9. – С. 49-50.

70. Левитский, В.С. Машиностроительное черчение: учебник / В.С. Левитский. – М.: Высш. шк., 1988. – 351 с.

71. Литвак, Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализ / Б.Г. Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

72. Лихачев, В.С. Испытания тракторов: учеб. пособие для вузов / В.С. Лихачев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1974. – 288 с.

73. Малафеев, С.И. Надежность технических систем. Примеры и задачи: учеб. пособие / С.И. Малафеев, А.И. Копейкин. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с.

74. Малкин, В.С. Надежность технических систем и техногенный риск / В.С. Малкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 432 с.

75. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / Е.Я. Удовенко [и др.]; под рук. Г.М. Лозы. – М.: ВАСХНИЛ, 1980. – 117 с.

76. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, Департамент механизации и электрификации; В.И. Драгайцев [и др.]; под рук. А.В. Шпилько. – М.: [б. и.], 1998. – 220 с.

77. Методы оценки условий труда при техническом обслуживании и ремонте автомобилей / Р. Садыков [и др.] // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 4. – С. 51-53.

78. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учеб. пособие / К.К. Ким [и др.]. – СПб.: Питер, 2006. – 368 с.

79. Мещеряков, С. Методика разработки норм труда при выполнении полевых механизированных сельскохозяйственных работ (для зарубежной техники) / С. Мещеряков // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 9. – С. 14-18.

80. Михлин, В.М. Ресурсосберегающий метод определения допустимых износов, изменений параметров при техническом обслуживании и ремонте тракторов / В.М. Михлин, А.Г. Дарер // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 1. – С. 20-22.

81. Музыкин, С.Н. Моделирование динамических систем / С.Н. Музыкин, Ю.М. Родионова. – Ярославль: Верх.-Волж. кн. изд-во, 1984. – 304 с.

82. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. / под ред. В. С. Авдуевского [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1: Методология. Организация. Терминология / под ред. А.И. Рембезы. – 224 с.

83. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. / под ред. В.С. Авдуевского [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 3: Эффективность технических систем / под ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.

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

85. Никитченко, С.Л. Навесной агрегат для технического обслуживания и ремонта тракторов / С.Л. Никитченко, С.В. Смыков // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 4. – С. 21-23.

86. Никитченко, С.Л. Совершенствование специализированного технического обслуживания техники с сельхозпредприятиях / С.Л. Никитченко, С.В. Смыков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2014. – № 6. – С. 25-28.

87. Николаев, Е.В. Новое оборудование и технологии диагностирования сельскохозяйственной техники / Е.В. Николаев, И.М. Макаркин // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 11. – С. 48-49.

88. Новые средства для определения компрессии автотракторных двигателей и результаты их испытаний / В.Н. Хабардин [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 3. – С. 27-29.

89. Носихин, П.И. Организация технического сервиса тракторов в ООО «Технореммаш» / П.И. Носихин, В.В. Быков, И.А. Спицын // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 3 (177). – С. 45-47.

90. Оверченко, Г.И. Обоснование допустимых значений диагностических параметров технических объектов / Г.И. Оверченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 2. – С. 17-18.

91. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов; под ред. Н.Ю. Шведовой. – 21-е изд., перераб. и доп. – М.: Русский язык, 1989. – 928 с.
92. Оценка риска травмирования механизаторов при выполнении регулировок зерноуборочных комбайнов / Б.П. Кутепов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 4. – С. 20-21.
93. Оценка условий труда при техническом сервисе / Р. Р. Садыков [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 5. – С. 34-35.
94. Пастухов, А.Г. Особенности системы технического обслуживания и ремонта зарубежной техники / А.Г. Пастухов, А.В. Ефимцев // Машинно-технологические станции. – 2009. – № 6. – С. 28-29.
95. Пастухов, А.Г. Экспертная оценка работоспособности сельскохозяйственной техники / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2011. – № 4. – С. 25-27.
96. Пат. 2519287 Рос. Федерация, МПК В 62 D 1/00, В 60 S 5/00. Способ определения экологической безопасности технического обслуживания автотранспортных тракторов / Хабардин В.Н., Горбунова Т.Л., Чубарева М.В., Шелкунова Н.О.; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. с.-х. акад. – № 2012157351/11; заявл. 26.12.2012; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.
97. Пат. 2545475 Рос. Федерация, МПК В 60 S 5/00, G 01 M 15/00. Способ определения экологической безопасности выполнения смазочно-заправочных операций при техническом обслуживании тракторов / Хабардин А.В., Хабардина А.Ю., Болоев П.А., Горбунова Т.Л., Чубарева М.В.; заявитель и патентообладатель Иркут. гос. с.-х. акад. – № 2013157121/11; заявл. 23.12.2013; опубл. 27.03.2015, Бюл. № 9.
98. Петрашев, А.И. Условия применения технических средств при консервации сельхозмашин / А.И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – № 1. – С. 27-29.

99. Петренко, Н.В. Загрязнение окружающей среды при техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственных тракторов / Н.В. Петренко // Журнал «Вестник аграрной науки Дона». – 2011. – № 3 (15). – С. 52-58.

100. Петрищев, Н.А. Обеспечение ресурсосбережения при эксплуатации и ремонте машинно-тракторного парка / Н.А. Петрищев // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 10. – С. 42-46.

101. Петрищев, Н.А. Средства для контроля технического состояния узлов и агрегатов сельскохозяйственных тракторов по тепловым характеристикам / Н.А. Петрищев, И.М. Макаркин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2013. – № 5. – С. 38-43.

102. Петрищев, Н.А. Устройство для испытания форсунок на качество распыла топлива автотракторных дизелей при техническом обслуживании / Н.А. Петрищев // Машинно-технологические станции. – 2008. – № 2. – С. 29-31.

103. Политехнический словарь / под ред. А. Ю. Ишлинского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 656 с.

104. Полуян, А.Г. Расчет числа рабочих мобильного специализированного звена / А.Г. Полуян, А.В. Горетый // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 1. – С. 17-20.

105. Правила по охране труда при ремонте и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники ПОТ РО-97300-11-97 // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 3. – С. 55-70; № 4. – С. 54-70.

106. Производственная база и операционная технология обслуживания тракторов в хозяйствах Сибири: метод. рекомендации / А. Т. Клейн [и др.]. – Новосибирск: Сиб. отд. ВАСХНИЛ, 1980. – 123 с.

107. Расчет потребности сельскохозяйственного предприятия в средствах технического обслуживания и ремонта тракторов / М.И. Юдин [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 2. – С. 25-26.



108. Редреев, Г.В. Формирование технического сервиса машинно-тракторных агрегатов / Г.В. Редреев, Е.Е. Белая, С.А. Корнилович // Вестник ОмГАУ, № 2 (22). – Омск, 2016. – С. 217-221.

109. Редреев, Г.В. Проектирование технического обслуживания тракторов / Г.В. Редреев, Е.Е. Козлихина // Вестник ОмГАУ, № 2 (26). – Омск, 2017. – С. 120-126.

110. Редреев, Г.В. Оценка качества технического сервиса сельскохозяйственной техники / Г.В. Редреев, А.А. Лучинович // Вестник ОмГАУ, № 1 (29). – Омск, 2018. – С. 117-123.

111. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники: в 2 ч. – М.: Росинформагротех, 2001. – Ч. 1. – 360 с.

112. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники: в 2 ч. – М.: Росинформагротех, 2001. – Ч. 2. – 420 с.

113. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных тракторов. – М.: Росинформагротех, 2001. – 250 с.

114. Савин, И.Г. Определение максимальной рентабельности работы МТС / И.Г. Савин // Техника в сельском хозяйстве. – 2002. – № 2. – С. 23-25.

115. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 16 с.

116. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормативы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.

117. Сервис самоходных тракторов и автотранспортных средств: учеб. пособие / Н.И. Бойко, В.Г. Санамян, А.Е. Хачкинаян. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. – 512 с.

118. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных тракторов по результатам диагностирования / В.М. Михлин [и др.]. – М.: Информагротех, 1995. – 64 с.

119. Скотников, А.Г. Статистическое моделирование при оптимизации периодичности проведения ТО / А.Г. Скотников // Тракторы и с.-х. тракторов. – 2007. – № 11. – С. 48-49.

120. Смирнов, Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1965. – 512 с.

121. Совершенствование технологий и оперативных средств контроля технического состояния тракторов в полевых условиях / А.П. Уткин [и др.]; под ред. В.М. Лившица. – Новосибирск: Сиб. отд. ВАСХНИЛ, 1984. – 66 с.

122. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии / под ред. А.И. Завражнова. – СПб.: Лань, 2013. – 496 с.

123. Спирин, А.П. Экологические требования к сельскохозяйственной технике / А.П. Спирин, О.А. Сизов // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 2. – С. 19-22.

124. Средства технического обслуживания машинно-тракторного парка / Ф.Н. Пуховицкий [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 248 с.

125. Статистические методы обработки эмпирических данных: рекомендации / В.А. Грешников [и др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 232 с.

126. Сухарев, Э.А. Теория эксплуатационной надежности тракторов: учеб. пособие / Э.А. Сухарев. – Ровно: Изд-во РГТУ, 2000. – 164 с.

127. Сухарев, Э.А. Эксплуатационная надежность тракторов: теория, методология, моделирование: учеб. пособие / Э.А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 192 с.

128. Табаков, П.А. Конструктивные решения для повышения ремонтпригодности тракторов / П.А. Табаков, В.П. Табаков // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2013. – № 3. – С. 52-61.

129. Табашников, А.Т. К вопросу экономической оценки технических средств в машинных технологиях / А.Т. Табашников, Е.М. Самойленко // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 7 (169). – С. 36-38.

130. Табашников, А.Т. Надежность сельскохозяйственной техники и показатели ресурсосбережения / А.Т. Табашников, Е.М. Самойленко // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 3. – С. 33-34.

131. Тайбасаров, Ж.К. Оценка рентабельности работы МТС методом регрессионного анализа / Ж.К. Тайбасаров // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 2. – С. 34-36.

132. Терских, И.П. Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / И.П. Терских. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1987. – 312 с.

133. Тесовский, А.Ю. Организация информационного обмена при техническом обслуживании и ремонте тракторов лесозаготовок и лесного хозяйства / А.Ю. Тесовский, А.С. Лапин // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 42-44.

134. Техническое обслуживание и ремонт тракторов в сельском хозяйстве: учеб. пособие для вузов / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В.И. Черноиванова. – М.: ГОСНИТИ; Челябинск: ЧГАУ, 2003. – 992 с.

135. Тойберт, Т. Оценка точности результатов измерений / Т. Тойберт. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 88 с.

136. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости: ассортимент и применение: спр. изд. / К.М. Бадыштова [и др.]; под ред. В.М. Школьниковой. – М.: Химия, 1989. – 432 с.

137. Трактор CLAAS. AXION 840-820-810 CMATIC-CEBIS. Инструкция по эксплуатации SERVICE&PARTS AXION 800. – CMatic – Cebis, 2009. – 476 с.

138. Трактор John Deere (8130, 8230, 8330, 8430, 8530). Руководство по эксплуатации. – Мангейм: John Deere Waterloo Works, 2013. – 384 с.

139. Трактор MAJOR 80: руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию тракторов [Электронный ресурс]. – Брно: АО «ZETOR TRACTORS», 2014. – 114 с. – Режим доступа: <http://www.zetor-ug.com/uploads/2/5/4/6/25469172/major.pdf>.

140. Трактор Агромаш-90ТГ: руководство по эксплуатации А90.00.001 РЭ. – Барнаул: ОАО «Алтайский моторный завод», 2012. – 220 с.

141. Трактор АГРОМАШ-90ТГ «Казахстан»: техническое описание и инструкция по эксплуатации 85А.00004ГО. – Алма-Ата: Кайнар, 1982. – 256 с.

142. Тракторы «Беларусь» МТЗ-100, МТЗ-102, МТЗ-80А, МТЗ-82А: техническое описание и инструкция по эксплуатации / Э.А. Бомберов [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1987. – 352 с.

143. Тракторы «Беларусь» МТЗ-80, МТЗ-82 и их модификации: инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию / В.Г. Левков [и др.]. – Мн.: Урожай, 1988. – 174 с.

144. Тракторы «Кировец» К-744Р, К-744Р1, К-744Р2: техническое описание и инструкция по эксплуатации. – СПб.: ЗАО «Петербургский тракторный завод», 2004. – 263 с.

145. Уткин, А.П. Разработка и исследование технологий контроля состояния элементов тракторов в полевых условиях с применением встроенных средств: дис. канд. техн. наук : 05.20.03 / А.П. Уткин. – Новосибирск, 1979. – 200 с.

146. Ушанов, В.А. Ресурсосберегающие способы ремонта тракторов / В.А. Ушанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 2. – С. 23-25.

147. Фатхулов, Р.И. Качественное техническое обслуживание сельхозмашин/ Р.И. Фатхулов // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 12. – С. 41-43.

148. Федеральный классификационный каталог отходов (ред. от 12.01.21). – зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 8 июля 2017 года, рег. № 47008.

149. Филимонов, А.И. Нормирование выбросов и дымности тракторов и сельхозмашин / А.И. Филимонов, А.В. Колчин, О.Н. Айдемиров // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – № 2. – С. 23-25.

150. Хабардин, В.Н. Новые средства и методы диагностирования рулевого управления тракторов и комбайнов / В.Н. Хабардин, Н.В. Степанов, С.В. Хабардин // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 3. – С. 41-44.

151. Хабардин, В.Н. Ресурсосберегающие технологии, методы и средства технического обслуживания тракторов: монография / В.Н. Хабардин. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2009. – 384 с.

152. Хабардин, В.Н. Современные направления технического обслуживания тракторов / В.Н. Хабардин // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – № 5. – С. 28-30.

153. Хабардин, В.Н. Экологическая оценка мобильных тракторов в сельском хозяйстве: практикум для вузов / В.Н. Хабардин, Т.Л. Горбунова. – Иркутск: Изд-во ИрГАУ, 2016. – 55 с.

154. Хабардин, С.В. Определение мощностных показателей тракторов тяговым методом при трогании с места под нагрузкой: дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / С.В. Хабардин. – Иркутск, 2014. – 205 с.

155. Хаустов, А. П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А. П. Хаустов, М.М. Редина. – М.: Изд-во: «Дело», 2006. - 552 с.

156. Централизованное техническое обслуживание сельскохозяйственной техники в межсезонный период / М.Б. Латышенко [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 7. – С. 16-17.

157. Черноиванов, В.И. Технический сервис машинно-тракторного парка и экология / В.И. Черноиванов // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 8. – С. 44-46.

158. Чубарева, М.В. Анализ организации системы технического сервиса на сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области / М.В. Чубарева // Вестник ИрГСХА. – 2010. – Вып. 38. – С. 125-130.

159. Шишмарёв, В.Ю. Основы проектирования приборов и систем: учеб. для бакалавров / В.Ю. Шишмарёв. – М.: Юрайт, 2011. – 343 с.

160. Щиголев, Б.М. Математическая обработка наблюдений / Б.М. Щиголев. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1969. – 344 с.

161. Экологические аспекты противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники / В.Д. Прохоренков [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 3. – С. 28-30.

162. Юдин, М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов: монография / М.И. Юдин. – Краснодар: КГАУ, 2004. – 239 с.

## Приложения

### Приложение А (справочное)

#### Операции технического обслуживания отечественных и зарубежных тракторов с применением топливно-смазочных материалов

Таблица А.1 – Сводный перечень операций ТО отечественных тракторов с применением ТСМ и периодичность их выполнения

Операции	Марка трактора	Периодичность, моточ				
		10	125	250	500	1000
1. Проверить уровень масла и при необходимости долить	МТЗ-80	1	0	0	4	0
	МТЗ-82	1	0	0	10	0
	МТЗ-100	3	0	0	0	2
	МТЗ-102	3	6	0	0	3
	МТЗ-1221	3	0	3	0	0
	АГРОМАШ-90ТГ	1	20	0	6	0
	Агромаш-90ТГ	1	3	0	19	4
	К-744Р	1	6	0	0	0
2. Заменить масло	МТЗ-80	0	0	0	2	0
	МТЗ-82	0	0	0	2	0
	МТЗ-100	0	0	0	1	0
	МТЗ-102	0	0	0	1	0
	МТЗ-1221	0	0	1	0	4
	Агромаш-90ТГ	0	0	0	1	1

	К-744Р	0	0	0	1	0
3. Заменить филь- трующие элементы	МТЗ-80	0	0	0	1	1
	МТЗ-82	0	0	0	1	1
	МТЗ-100	0	0	0	1	0
	МТЗ-102	0	0	0	1	0
	МТЗ-1221	0	0	1	2	1
	Агромаш-90ТГ	0	1	0	2	1
	К-744Р	0	0	0	0	0
	Агромаш-90ТГ	0	0	0	0	0
	К-744Р	0	0	0	0	0
4. Обслужить воз- духоочиститель	МТЗ-80	0	1	0	1	0
	МТЗ-82	0	1	0	1	0
	МТЗ-100	0	1	0	1	0
	МТЗ-102	0	1	0	1	0
	МТЗ-1221	0	0	0	0	0
	Агромаш-90ТГ	0	0	0	0	0
	К-744Р	0	0	0	0	0
5. Слить отстой топлива или масло, скопившееся в отсе- ках (корпусах)	МТЗ-80	0	2	0	1	1
	МТЗ-82	0	2	0	1	1
	МТЗ-100	0	3	0	0	0
	МТЗ-102	0	3	0	0	0
	МТЗ-1221	0	2	0	1	0
	Агромаш-90ТГ	0	3	0	0	0
	К-744Р	0	2	0	0	0
6. Очистить и про- мыть фильтры, крышки баков,	МТЗ-80	0	0	0	3	8
	МТЗ-82	0	0	0	3	8
	МТЗ-100	0	0	2	2	4
	МТЗ-102	0	0	2	2	4
	МТЗ-1221	0	0	3	1	2



сапуны	Агромаш-90ТГ	0	2	0	1	2
	К-744Р	0	0	1	0	0
Всего операций обслуживания с применением (в среде) ТСМ	МТЗ-80	1	3	0	12	10
	МТЗ-82	1	3	0	18	10
	МТЗ-100	3	4	2	5	6
	МТЗ-102	3	10	2	5	7
	МТЗ-1221	3	2	8	4	7
	Агромаш-90ТГ	1	9	0	23	8
	К-744Р	1	8	1	1	0

Таблица А.2 – Число  $n_o$  операций с применением ТСМ  
по видам ТО и их удельное число  $q_o$  на единицу наработки

Марка трактора	Параметры	Периодичность, мото-ч					$\Sigma q_o$
		10	125	250	500	1000	
МТЗ-80	$n_o$	1	3	0	12	10	
	$q_o$	0,100	0,024	0,000	0,024	0,010	<u>0,148</u> 0,158
МТЗ-82	$n_o$	1	3	0	18	10	
	$q_o$	0,100	0,024	0,000	0,036	0,010	<u>0,160</u> 0,170
МТЗ-100	$n_o$	3	4	2	5	6	
	$q_o$	0,300	0,032	0,008	0,010	0,006	<u>0,350</u> 0,356
МТЗ-102	$n_o$	3	10	2	5	7	
	$q_o$	0,300	0,080	0,008	0,010	0,007	<u>0,398</u> 0,405
МТЗ-1221	$n_o$	3	2	8	4	7	
	$q_o$	0,300	0,016	0,032	0,008	0,007	<u>0,356</u> 0,363
МТЗ-1221*	$n_o$	1	2	8	6	7	
	$q_o$	0,100	0,016	0,032	0,012	0,007	<u>0,160</u> 0,167
АГРОМАШ-90ТГ	$n_o$	1	24	1	10	4	
	$q_o$	0,100	0,192	0,004	0,020	0,004	<u>0,316</u> 0,320

Агромаш-90ТГ	$n_o$	1	9	0	23	8	
	$q_o$	0,100	0,072	0,000	0,046	0,008	<u>0,218</u> 0,226
К-744Р	$n_o$	1	8	1	1	0	
	$q_o$	0,100	0,064	0,004	0,002	0,000	<u>0,170</u> 0,170

Примечания:  $\sum q_o$  - суммарное значение  $q_o$ : в числителе и знаменателе соответственно – за 500 и 1000 мтч; \* - данные и вычисления представлены с учетом операций, выполняемых при ТО-2 по результатам контроля по масломерному стеклу

Таблица А.3 – Операции ТО зарубежных тракторов John Deere [138] и MAJOR 80 [139] с применением TCM и периодичность их выполнения

Операции	Марка трактора	Периодичность, моточ				
		10	250	500	750	1000
1. Проверить уровень масла и при необходимости долить:						
моторное масло	John Deere	+				
трансмиссионное/ гидравлическое масло	John Deere	+				
в картере дифференциала стандартного MFWD	John Deere		+			
в ступице колеса MFWD	John Deere		+			
2. Заменить масло:						
моторное	John Deere		+			
	MAJOR 80			+		
3. Заменить фильтрующие элементы:						
системы смазки дизеля	John Deere		+			
	MAJOR 80			+		
оба топливные фильтры	John Deere			+		
	MAJOR 80			+		
фильтр насоса гидравлики	MAJOR 80			+		
5. Слить:						
воду из обоих топливных фильтров	John Deere	+				
воду из топливного бака	John Deere		+			

6. Очистить и промыть:						
продувочный фильтр топливного бака	John Deere				+	
продувочный фильтр моста MFWD	John Deere				+	
<p>Примечание – К трактору John Deere относятся модели: 8130, 8230, 8330, 8430, 8530</p>						

## Приложение Б (рекомендуемое)

Методы оценки уровня потерь топливно-смазочных  
материалов при техническом обслуживании тракторов

Приложение Б.1 – Экспериментально-расчетный метод на основе  
статистических испытаний в процессе технического обслуживания  
контролируемых тракторов

Метод основан на статистических испытаниях контролируемых тракторов, при которых проводят их технические обслуживания (ТО) с заданным числом наблюдений, и при этом определяют математические ожидания потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) и их средние квадратические отклонения. В завершение производят вычисление показателей, характеризующих потери ТСМ при ТО контролируемых тракторов.

Коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3  $K_1$  -

$$K_1 = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{T3}^K}}{\tau_{T3}}} \quad (\text{Б.1})$$

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{OM-EO}^K + \overline{M}_{ДП-EO}^K, \quad (\text{Б.2})$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{OM-T1}^K + \overline{M}_{ДП-T1}^K, \quad (\text{Б.3})$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{OM-T2}^K + \overline{M}_{ДП-T2}^K, \quad (\text{Б.4})$$

$$\overline{M}_{T3}^K = \overline{M}_{CM-T3}^K + \overline{M}_{OM-T3}^K + \overline{M}_{ДП-T3}^K, \quad (\text{Б.5})$$

при  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T1}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T2}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T3}^K \geq 0$ ,  $2\sigma_{\overline{M}_{EO}^K} < \overline{M}_{EO}^K$ ,  $2\sigma_{\overline{M}_{T1}^K} < \overline{M}_{T1}^K$ ,  $2\sigma_{\overline{M}_{T2}^K} <$

$$\overline{M}_{T3}^K, 2\sigma_{\overline{M}_{T3}^K} < \overline{M}_{T3}^K, \tau_{EO} > 0, \tau_{T1} > 0, \tau_{T2} > 0, \tau_{T3} > 0;$$

где  $K_1$  - коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный на основе определительных статистических испытаний контролируемых тракторов;  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  - математические ожидания (здесь и далее под математическими ожиданиями также будем понимать средние значения) потерь всех видов ТСМ контролируемых тракторов при выполнении ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3;  $\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T1}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T2}^K}, \sigma_{\overline{M}_{T3}^K}$  - средние квадратические отклонения  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K$  и  $\overline{M}_{T3}^K$ ;  $\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  - наработка между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3;  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{OM-EO}^K, \overline{M}_{OM-T1}^K, \overline{M}_{OM-T2}^K, \overline{M}_{OM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{DT-EO}^K, \overline{M}_{DT-T1}^K, \overline{M}_{DT-T2}^K, \overline{M}_{DT-T3}^K$  - математические ожидания массы потерь свежих и отработанных масел, а также массы потерь дизельного топлива (соответственно с подстрочными буквами «СМ», «ОМ» и «ДТ») при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3.

Поступая аналогичным образом и принимая во внимание в (Б.1) только данные по ЕТО, ТО-1 и ТО-2, получим математическую модель в развернутом виде для цикла ТО, кратного ТО-2 -

$$K_{1-1} = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K - 2\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}}{\tau_{T2}}} \quad (\text{Б.6})$$

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{OM-EO}^K + \overline{M}_{DT-EO}^K, \quad (\text{Б.7})$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{OM-T1}^K + \overline{M}_{DT-T1}^K, \quad (\text{Б.8})$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{OM-T2}^K + \overline{M}_{DT-T2}^K, \quad (\text{Б.9})$$

при  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0, \overline{M}_{T1}^K \geq 0, \overline{M}_{T2}^K \geq 0, 2\sigma_{\overline{M}_{EO}^K} < \overline{M}_{EO}^K, 2\sigma_{\overline{M}_{T1}^K} < \overline{M}_{T1}^K, 2\sigma_{\overline{M}_{T2}^K} < \overline{M}_{T2}^K, \tau_{EO} > 0, \tau_{T1} > 0, \tau_{T2} > 0$ ;

где  $K_{1-1}$  - коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный на основе определительных статистических испытаний контролируемого трактора;  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K$  - математические ожидания массы потерь всех

видов ТСМ соответственно при ЕТО, ТО-1 и ТО-2;  $\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}$  – средние квадратические отклонения  $\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$  и  $\overline{M}_{T2}^K$ ;  $\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$  – наработка между ЕТО, периодичность ТО-1 и ТО-2.

Коэффициенты  $K_1$  (Б.1) и (Б.6)  $K_{1-1}$  с целью уменьшения объема экспериментальных работ или при отсутствии необходимости могут быть вычислены на основе суммарных значений потерь ТСМ ( $\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$ ,  $\overline{M}_{T2}^K$ ,  $\overline{M}_{T3}^K$ ), то есть без учета их видов – математических ожиданий массы потерь свежих масел при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 ( $\overline{M}_{CM-EO}^K$ ,  $\overline{M}_{CM-T1}^K$ ,  $\overline{M}_{CM-T2}^K$ ,  $\overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{OM-EO}^K$ ,  $\overline{M}_{OM-T1}^K$ ,  $\overline{M}_{OM-T2}^K$ ,  $\overline{M}_{OM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{ДГ-EO}^K$ ,  $\overline{M}_{ДГ-T1}^K$ ,  $\overline{M}_{ДГ-T2}^K$ ,  $\overline{M}_{ДГ-T3}^K$ ), а также математических ожиданий массы потерь дизельного топлива при проведении тех же видов обслуживания.

Суммарные потери ТСМ  $M_{T3}$  за цикл ТО, кратный ТО-3, –

$$M_{T3} = K_1 M_{qd} \tau_{T3}. \quad (\text{Б.7})$$

Суммарные потери ТСМ  $M_{T2}$  за цикл ТО, кратный ТО-2, –

$$M_{T2} = K_{1-1} M_{qd} \tau_{T2}. \quad (\text{Б.8})$$

Суммарные потери ТСМ  $M_\tau$  при ТО тракторов за произвольный период наработки  $\tau$  –

$$M_\tau = K_1 M_{qd} \tau. \quad (\text{Б.9})$$

При использовании представленного метода данные по  $\overline{M}_{EO}^K$ ,  $\overline{M}_{T1}^K$ ,  $\overline{M}_{T2}^K$ ,  $\overline{M}_{T3}^K$  ( $\overline{M}_{CM-EO}^K$ ,  $\overline{M}_{CM-T1}^K$ ,  $\overline{M}_{CM-T2}^K$ ,  $\overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{OM-EO}^K$ ,  $\overline{M}_{OM-T1}^K$ ,  $\overline{M}_{OM-T2}^K$ ,  $\overline{M}_{OM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{ДГ-EO}^K$ ,  $\overline{M}_{ДГ-T1}^K$ ,  $\overline{M}_{ДГ-T2}^K$ ,  $\overline{M}_{ДГ-T3}^K$ ), а также  $\sigma_{\overline{M}_{EO}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T1}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T2}^K}$ ,  $\sigma_{\overline{M}_{T3}^K}$  (в кг) находят экспериментально – при проведении определительных статистических испытаний (в процессе выполнения обслуживаний), а регламентированные значения  $\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$ ,  $\tau_{T3}$  (в моточ) – из руководств по эксплуатации этих тракторов. Расчеты необходимых показателей выполняют по приведенным формулам.



**Приложение Б.2 – Экспериментально-расчетный метод на основе статистических испытаний в процессе технического обслуживания контролируемой тракторов и тракторов с наименьшими потерями топливно-смазочных материалов**

Метод основан на статистических испытаниях контролируемой тракторов и тракторов с наименьшими потерями топливно-смазочных материалов (ТСМ), при которых проводят их технические обслуживания (ТО) с заданным числом наблюдений, и при этом определяют математические ожидания потерь ТСМ по обоим тракторам. В завершение производят вычисление показателей, характеризующих потери ТСМ при ТО контролируемых тракторов.

Коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3  $K_2$  –

$$K_2 = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^A}{\tau_{T3}}} \quad (\text{Б.10})$$

при

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{OM-EO}^K + \overline{M}_{ДТ-EO}^K, \quad (\text{Б.11})$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{OM-T1}^K + \overline{M}_{ДТ-T1}^K, \quad (\text{Б.12})$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{OM-T2}^K + \overline{M}_{ДТ-T2}^K, \quad (\text{Б.13})$$

$$\overline{M}_{T3}^K = \overline{M}_{CM-T3}^K + \overline{M}_{OM-T3}^K + \overline{M}_{ДТ-T3}^K, \quad (\text{Б.14})$$

$$\overline{M}_{EO}^A = \overline{M}_{CM-EO}^A + \overline{M}_{OM-EO}^A + \overline{M}_{ДТ-EO}^A, \quad (\text{Б.15})$$

$$\overline{M}_{T1}^A = \overline{M}_{CM-T1}^A + \overline{M}_{OM-T1}^A + \overline{M}_{ДТ-T1}^A, \quad (\text{Б.16})$$

$$\overline{M}_{T2}^A = \overline{M}_{CM-T2}^A + \overline{M}_{OM-T2}^A + \overline{M}_{ДТ-T2}^A, \quad (\text{Б.17})$$

$$\overline{M}_{T3}^A = \overline{M}_{CM-T3}^A + \overline{M}_{OM-T3}^A + \overline{M}_{ДТ-T3}^A, \quad (\text{Б.18})$$

при  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T1}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T2}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T3}^K \geq 0$ ,  $\overline{M}_{EO}^A \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T1}^A \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T2}^A \geq 0$ ,  $\overline{M}_{T3}^A \geq 0$ ,  
 $\tau_{EO} > 0$ ,  $\tau_{T1} > 0$ ,  $\tau_{T2} > 0$ ,  $\tau_{T3} > 0$ ;

где  $K_2$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный при сравнении показателей контролируемого трактора и ее аналога с наименьшими потерями ТСМ;  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  – математические ожидания массы потерь ТСМ (здесь и далее под математическими ожиданиями массы потерь ТСМ также будем понимать их средние значения) всех видов соответственно при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по контролируемому трактору;  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  – то же по трактору-аналогу;  $\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  – наработка между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3;  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{OM-EO}^K, \overline{M}_{OM-T1}^K, \overline{M}_{OM-T2}^K, \overline{M}_{OM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{ДГ-EO}^K, \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \overline{M}_{ДГ-T3}^K$  – математические ожидания массы потерь свежих масел, а также потерь дизельного топлива при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по контролируемому трактору;  $\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A$ ;  $\overline{M}_{OM-EO}^A, \overline{M}_{OM-T1}^A, \overline{M}_{OM-T2}^A, \overline{M}_{OM-T3}^A$ ;  $\overline{M}_{ДГ-EO}^A, \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \overline{M}_{ДГ-T3}^A$  – математические ожидания массы потерь свежих масел, а также потерь дизельного топлива при ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 по трактору-аналогу.

Коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2  $K_{2-2}$  -

$$K_{2-2} = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}}}, \quad (\text{Б.19})$$

где  $K_{2-2}$  – коэффициент потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный при сравнении показателей контролируемого трактора и ее аналога с наименьшими потерями ТСМ.

Коэффициенты  $K_2$  (Б.1) и (Б.6)  $K_{2-2}$  с целью уменьшения объема экспериментальных работ или при отсутствии необходимости могут быть вычислены на основе суммарных значений потерь ТСМ  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  и  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$ , то есть без учета их видов – математических ожиданий массы потерь:  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K$ ;  $\overline{M}_{OM-EO}^K, \overline{M}_{OM-T1}^K,$

$$\overline{M}_{OM-T_2}^K, \overline{M}_{OM-T_3}^K; \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \overline{M}_{ДГ-T_1}^K, \overline{M}_{ДГ-T_2}^K, \overline{M}_{ДГ-T_3}^K; \overline{M}_{СМ-EO}^A, \overline{M}_{СМ-T_1}^A, \overline{M}_{СМ-T_2}^A, \\ \overline{M}_{СМ-T_3}^A; \overline{M}_{OM-EO}^A, \overline{M}_{OM-T_1}^A, \overline{M}_{OM-T_2}^A, \overline{M}_{OM-T_3}^A; \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \overline{M}_{ДГ-T_1}^A, \overline{M}_{ДГ-T_2}^A, \overline{M}_{ДГ-T_3}^A.$$

Суммарные потери ТСМ  $M_{T_2}$  за цикл ТО, кратный ТО-3, –

$$M_{T_3} = K_2 M_{qд} \tau_{T_3}. \quad (\text{Б.20})$$

Суммарные потери ТСМ  $M_{T_2}$  за цикл ТО, кратный ТО-2, –

$$M_{T_2} = K_{2-2} M_{qд} \tau_{T_2}. \quad (\text{Б.21})$$

Суммарные потери ТСМ  $M_\tau$  при ТО тракторов за произвольный период наработки  $\tau$  –

$$M_\tau = K_1 M_{qд} \tau. \quad (\text{Б.22})$$

При использовании представленного метода данные по  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T_1}^K, \overline{M}_{T_2}^K, \overline{M}_{T_3}^K$  ( $\overline{M}_{СМ-EO}^K, \overline{M}_{СМ-T_1}^K, \overline{M}_{СМ-T_2}^K, \overline{M}_{СМ-T_3}^K; \overline{M}_{OM-EO}^K, \overline{M}_{OM-T_1}^K, \overline{M}_{OM-T_2}^K, \overline{M}_{OM-T_3}^K; \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \overline{M}_{ДГ-T_1}^K, \overline{M}_{ДГ-T_2}^K, \overline{M}_{ДГ-T_3}^K$ ), а также по  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T_1}^A, \overline{M}_{T_2}^A, \overline{M}_{T_3}^A$  ( $\overline{M}_{СМ-EO}^A, \overline{M}_{СМ-T_1}^A, \overline{M}_{СМ-T_2}^A, \overline{M}_{СМ-T_3}^A; \overline{M}_{OM-EO}^A, \overline{M}_{OM-T_1}^A, \overline{M}_{OM-T_2}^A, \overline{M}_{OM-T_3}^A; \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \overline{M}_{ДГ-T_1}^A, \overline{M}_{ДГ-T_2}^A, \overline{M}_{ДГ-T_3}^A$ ) (в кг) находят экспериментально – при проведении определительных статистических испытаний (в процессе выполнения обслуживаний), а регламентированные значения  $\tau_{EO}, \tau_{T_1}, \tau_{T_2}, \tau_{T_3}$  (в моточ) – из руководств по эксплуатации этих тракторов. Расчеты необходимых показателей выполняют по приведенным формулам.

**Приложение Б.3 – Расчетный метод на основе учета количества  
смазочно-заправочных операций контролируемых тракторов  
и трактора-аналога с их наименьшим количеством**

В основу метода положен учет количества смазочно-заправочных операций (СЗО) контролируемых тракторов и трактора-аналога с их наименьшим количеством.

Коэффициент уровня потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) за цикл ТО, кратный ТО-3  $K_3$  –

$$K_3 = \frac{\frac{n_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{n_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{n_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{n_{T3}^A}{\tau_{T3}}} \quad (\text{Б.23})$$

при  $n_{EO}^K \geq 0$ ,  $n_{T1}^K \geq 0$ ,  $n_{T2}^K \geq 0$ ,  $n_{T3}^K \geq 0$ ,  $n_{EO}^A \geq 0$ ,  $n_{T1}^A \geq 0$ ,  $n_{T2}^A \geq 0$ ,  $n_{T3}^A \geq 0$ ,  $\tau_{EO} > 0$ ,  $\tau_{T1} > 0$ ,  $\tau_{T2} > 0$ ,  $\tau_{T3} > 0$ ;

где  $K_3$  – коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-3, полученный на основе учета количества СЗО контролируемого трактора и ее аналога с их наименьшим количеством;  $n_{EO}^K$ ,  $n_{T1}^K$ ,  $n_{T2}^K$ ,  $n_{T3}^K$ ;  $n_{EO}^A$ ,  $n_{T1}^A$ ,  $n_{T2}^A$ ,  $n_{T3}^A$  – число смазочно-заправочных операций ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3 контролируемого трактора и трактора-аналога, имеющей наименьшее число СЗО;  $\tau_{EO}$ ,  $\tau_{T1}$ ,  $\tau_{T2}$ ,  $\tau_{T3}$  – наработка между ЕТО, периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3.

Коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2  $K_{3-3}$  –

$$K_{3-3} = \frac{\frac{n_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{n_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{n_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{n_{T2}^A}{\tau_{T2}}} \quad (\text{Б.24})$$

где  $K_{3-3}$  – коэффициент уровня потерь ТСМ за цикл ТО, кратный ТО-2, полученный при сравнении числа смазочно-заправочных операций контролируемого трактора и ее аналога.

Суммарные потери ТСМ  $M_{T_2}$  за цикл ТО, кратный ТО-3, –

$$M_{T_3} = K_3 M_{qд} \tau_{T_3}. \quad (\text{Б.25})$$

Суммарные потери ТСМ  $M_{T_2}$  за цикл ТО, кратный ТО-2, –

$$M_{T_2} = K_{3-3} M_{qд} \tau_{T_2}. \quad (\text{Б.26})$$

Суммарные потери ТСМ  $M_\tau$  при ТО тракторов за произвольный период наработки  $\tau$  –

$$M_\tau = K_{3-3} M_{qд} \tau. \quad (\text{Б.27})$$

При использовании представленного метода данные по  $n_{EO}^K, n_{T_1}^K, n_{T_2}^K, n_{T_3}^K$ ;  $n_{EO}^A, n_{T_1}^A, n_{T_2}^A, n_{T_3}^A$ , а также  $\tau_{EO}, \tau_{T_1}, \tau_{T_2}, \tau_{T_3}$  (в моточ) находят в руководствах по эксплуатации контролируемых тракторов и трактора-аналога. Расчеты необходимых показателей выполняют по приведенным формулам.

## **Приложение В** **(рекомендуемое)**

### **Экран для контроля потерь топливно-смазочных материалов и методы их учета на экране**

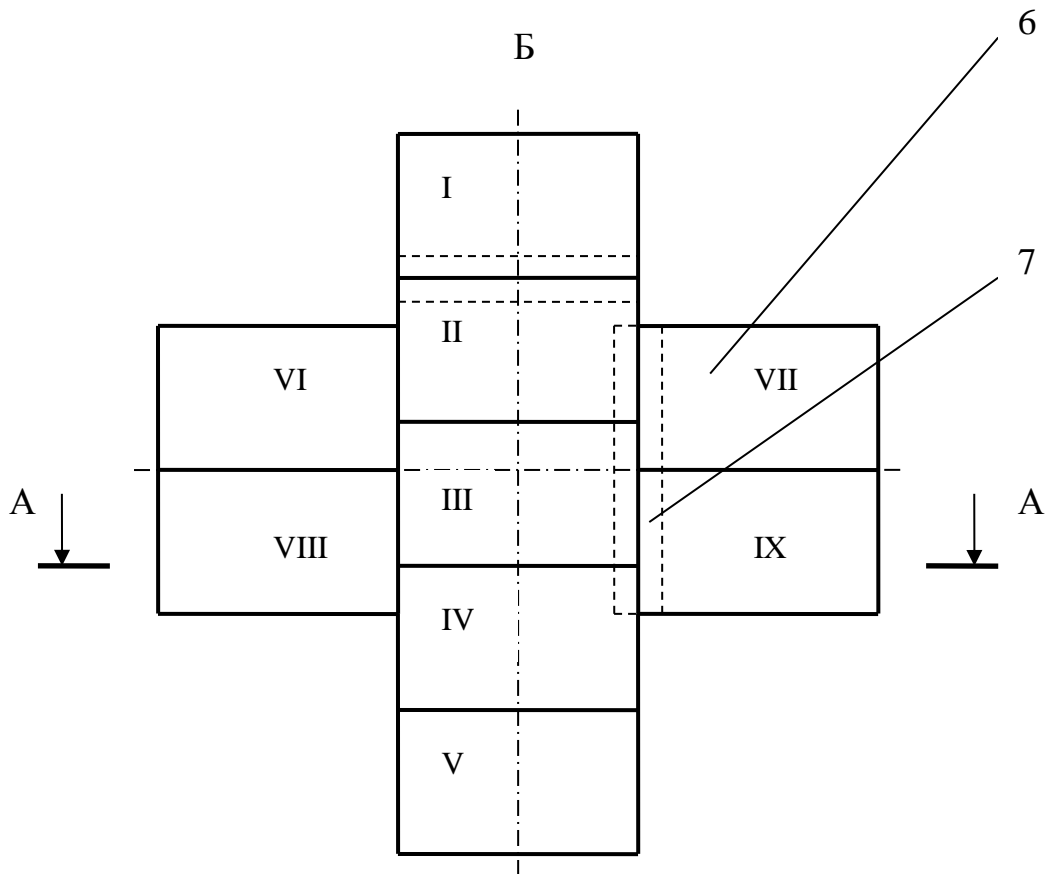
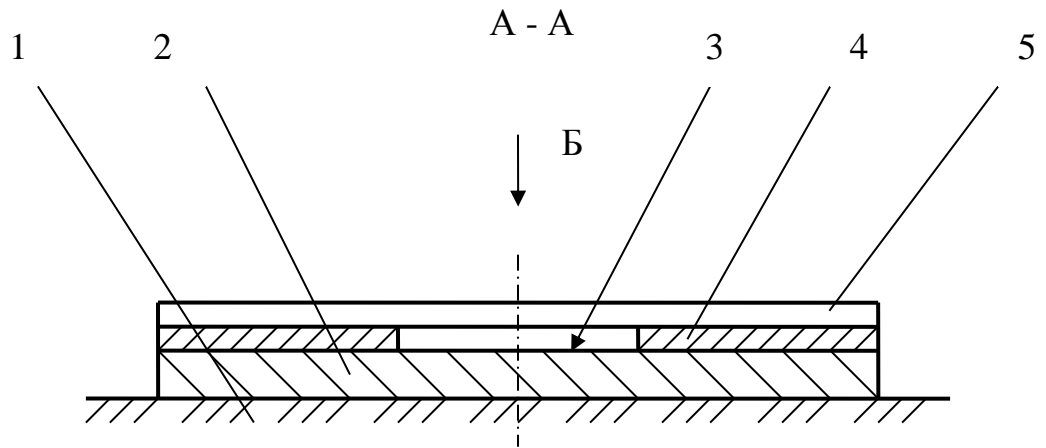
Экран для контроля потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) состоит из основания 2 экрана и размещенного на нем собственно экрана (рисунок В.1а), включающего в себя подложку 3, а также два слоя экрана – нижний 4 и верхний 5. Оба слоя экрана 4 и 5 выполнены из листов 6 формата А1 (дополнительно они обозначены римскими цифрами). Листы 6 нижнего слоя 4 экрана герметично соединены между собой лентой скотч 7 (для примера штриховыми линиями показано только два соединения листов этой лентой). При этом листы верхнего слоя 5 на виде Б не показаны: они размещены в том же порядке, что и листы нижнего слоя 4.

Основание 2 экрана в сборе представляет собой крестообразную форму с ровной, гладкой и твердой поверхностью и выполнено из дерева, а его поверхность покрыта картоном и обеспечивает возможность присоединения к нему подложки 3 с нижним слоем 4 экрана посредством канцелярских кнопок (не показаны). Рабочая поверхность щитов окрашена в белый цвет. Для удобства монтажа, демонтажа, транспортирования и хранения основание 2 экрана выполнено из отдельных конструктивных элементов в виде плоских щитов прямоугольной формы. При этом каждый такой элемент может быть изготовлен с возможностью размещения на нем, например, только одного или двух листов 6 (рисунок В.1б).

Подложка 3 является влагонепроницаемой и может быть выполнена, например из кальки. Верхний слой 5 экрана также состоит из листов, которые не соединены друг с другом, как это сделано при формировании нижнего слоя экрана, но прикреплены к основанию теми же канцелярскими кнопками (не показано). Эти листы и являются заменяемыми элементами экрана.

Метод определения потерь ТСМ по изменению массы экрана до и после фиксации на нем ТСМ осуществляют следующим образом.

1. Подготавливают экран к монтажу: проверяют его комплектность;



а

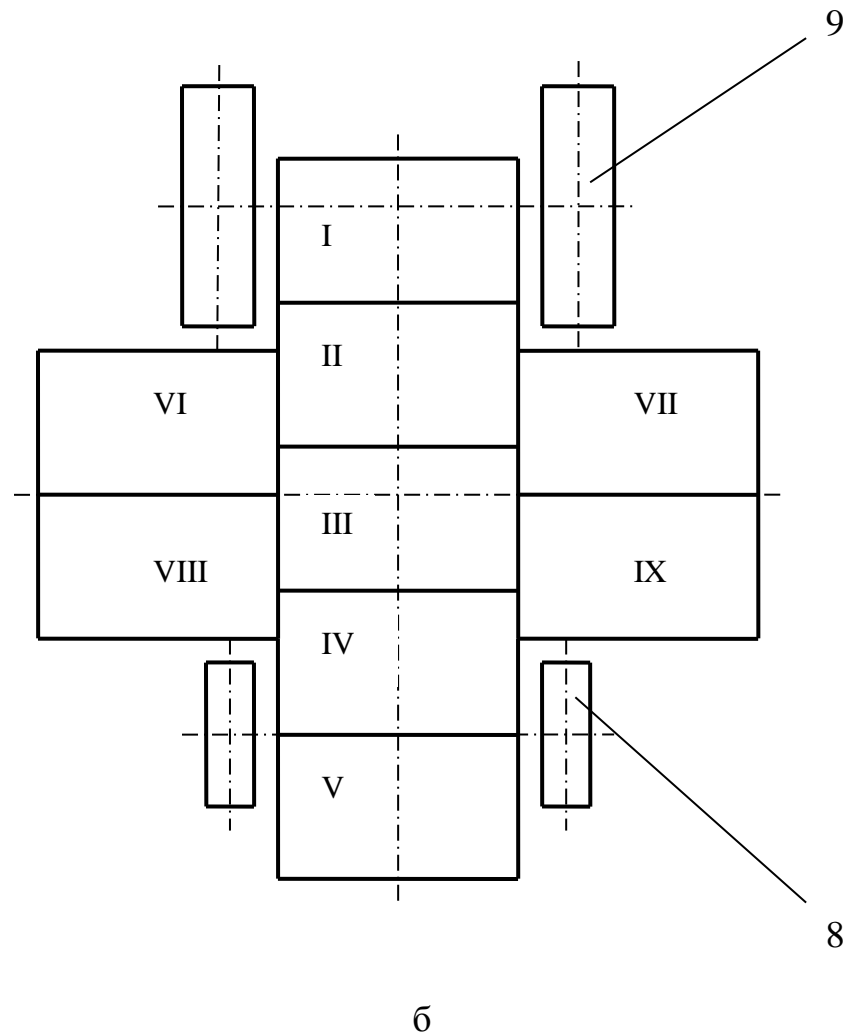


Рисунок В.1 – Экран для сбора ТСМ в процессе ТО тракторов (а) и схема его размещения под трактором (б): 1 – основание стационарного объекта ТО или грунт в полевых условиях; 2 – основание экрана; 3 – подложка; 4, 5 – нижний и верхний слой экрана; 6 – листы нижнего слоя экрана; 7 – клеящая лента скотч; 8, 9 – передние и задние колеса тракторов (римскими цифрами обозначены листы формата А1, размещенные на экране)

при необходимости очищают и протирают насухо рабочую сторону щитов, составляющих основание 2 экрана; уточняют в зависимости от марки тракторов необходимое число листов кальки для подложки 3, а также листов для обоих слоев экрана (например, по схеме на рисунок В.1б требуется 18 листов). Кроме того, предусматривают число листов, которые будут



использованы в качестве заменяемых фиксирующих элементов экрана. Число таких листов принимают равным числу листов в одном слое экрана плюс от 3 до 5 листов – на гарантированное покрытие потребности в заменяемых листах; в нашем примере:  $9 + 5 = 14$  листов.

Организуют место для временного складирования как подготовленных, так и использованных листов, которое должно быть определено на отдельном деревянном столе с чистой и сухой его крышкой. На этой крышке должна быть постелена калька в 2 слоя, размеры которой превышают размеры форматом А1.

Подготавливают к взвешиванию элементы экрана. Для этого укладывают на кальку рабочего стола все листы экрана, в том числе и заменяемые, а сверху их – кальку, являющуюся подложкой экрана. Перед укладкой листов на кальку их нумеруют в возрастающем порядке.

К взвешиванию также подготавливают дополнительные средства, к которым относятся скребки, представляющие собой листы формата А5 (их количество – 8...10 шт.); ветошь – около 0,2 кг, лента скотч – 1 рулон и перчатки – 3-4 пары.

Подготавливают к работе весы – в соответствии с руководством по их эксплуатации.

2. Взвешивают вместе с калькой рабочего стола все листы экрана, в том числе и заменяемые, а также кальку, являющуюся подкладкой экрана. Одновременно с этим взвешивают листы А5, ленту скотч, ветошь и перчатки, которые будут использованы при обслуживании. Данную операцию выполняют с трехкратной повторностью. Полученные результаты фиксируют в протоколе испытаний:  $M'_{эi}$  - масса кальки рабочего стола, кальки-подложки экрана, листов обоих слоев экрана, а также заменяемых листов, листов формата А5, ленты скотч, ветоши и перчаток до проведения  $i$ -того обслуживания тракторов, кг. Здесь же отмечают количество взвешенных листов ватмана, которое соответствует последнему пронумерованному листу.

3. Устанавливают трактор на площадку для обслуживания. В соответствии с руководством по эксплуатации выполняют необходимые подготовительные работы. После чего ветошью насухо протирают поверхности составных частей тракторов, прилегающие к точкам обслуживания, а также те поверхности, по которым возможно подтекание ТСМ при проведении операций ТО. Одновременно с этим также насухо протирают ветошью внешние поверхности оборудования, предназначенного для обслуживания тракторов. Использованную ветошь и перчатки утилизируют.

4. Монтируют под трактором экран, как показано на рисунке В.1б. Сначала под трактором составляют элементы (щиты) основания 2 экрана и соединяют их между собой скобами. Для этого на свободные концы скоб нанизывают указанные щиты посредством отверстий, выполненных в этих щитах (не показано).

Далее, на основание 2 экрана укладывают подложку 3, например кальку, а на указанную подложку 3 – нижний слой экрана из листов б формата А1. Листы соединяют друг с другом скотчем, как показано для примера на рисунке В.1а. Затем эти листы вместе с подложкой 3 прикрепляют канцелярскими кнопками к основанию 2 экрана (не показано). После чего на нижний 4 слой экрана настилают верхний 5 слой экрана, листы которого также прикрепляют кнопками к основанию 2 (не показано). Экран готов к использованию по назначению.

5. Проводят операции заданного вида ТО трактора с применением ТСМ – в соответствии с руководством по эксплуатации на данный трактор. Одновременно с этим наблюдают за попаданием ТСМ на экран. При обнаружении пролива жидкости (ТСМ) в таком объеме, что она не впитывается экраном, облитые листы удаляют с экрана, причем таким образом, чтобы не допустить слива этой жидкости с листов. Если жидкости на листах столько, что ее невозможно будет сохранить при их замене, то эту жидкость «развозят» по поверхности листов листами формата А5, которые

используют в качестве скребков. На место удаленных листов укладывают и фиксируют кнопками к основанию 2 экрана заменяемые листы, которые берут с рабочего стола. Листы формата А1, снятые с экрана, и листы формата А5, использованные в виде скребков, укладывают на рабочий стол – на кальку.

6. После выполнения всех операций с применением ТСМ производят следующие работы.

Берут ветошь с рабочего стола (взвешенную) и протирают ею насухо поверхности составных частей тракторов, прилегающие к точкам обслуживания, а также те поверхности, по которым было (или могло быть) подтекание ТСМ при проведении операций ТО. При этом ветошью также вытирают возможные подтеки ТСМ на поверхности оборудования. Использованную ветошь и перчатки направляют на взвешивание.

С экрана снимают сначала листы верхнего слоя, а затем нижнего слоя, а также подложку 3. Для этого отсоединяют листы верхнего слоя от экрана (для чего удаляют кнопки) и укладывают эти листы на рабочий стол – в стопу листов, формируемую на кальке. Затем разрезают нижний слой экрана ножницами по скотчу, также удаляют кнопки, а освободившиеся листы складывают в стопу листов на рабочем столе. В завершение на указанную стопу кладут подложку 3, снятую с экрана, а также листы формата А5 как использованные, так и неиспользованные, ветошь, перчатки и неиспользованные листы формата А1. Убеждаются, что все материалы, которые прошли ранее взвешивание (до проведения обслуживания), учтены и снова подготовлены к взвешиванию (после обслуживания).

7. Производят взвешивание всех материалов, указанных в п. 2, причем на тех же весах. Полученные результаты фиксируют в протоколе испытаний:  $M_{Эi}''$  – масса кальки рабочего стола, кальки-подложки экрана, листов обоих слоев экрана, а также заменяемых листов, листов формата А5, ленты скотч, ветоши и перчаток после проведения  $i$ -того обслуживания тракторов, кг.

8. Вычисляют изменение массы экрана – массу потерь топливно-смазочных материалов при  $i$ -том техническом обслуживании тракторов, по формуле

$$\Delta M_{\text{э}i} = M''_{\text{э}i} - M'_{\text{э}i}, \quad (\text{В.1})$$

где  $M'_{\text{э}i}$ ,  $M''_{\text{э}i}$  – масса материалов до и после проведения  $i$ -того обслуживания тракторов, в состав которых входят: калька рабочего стола, калька-подложка экрана, листы обоих слоев экрана, а также все заменяемые листы, листы формата А5, лента скотч, ветошь и перчатки.

9. В завершение эксперимента демонтируют основание экрана. Для этого приподнимают его составные части и извлекают из отверстий монтажные скобы. При необходимости очищают детали экрана от загрязнений. После чего экран (основание экрана и скобы) направляют на хранение.

Все материалы, использованные в эксперименте и содержащие в себе ТСМ, утилизируют путем сжигания.

Таким образом, представлен метод определения массы потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов, который основан на регистрации изменения массы экрана (экранировании ТСМ) в процессе обслуживания тракторов с применением в процессе эксперимента заменяемых листов экрана. Для реализации этого метода предложены соответствующие технические средства, к которым относятся: весы, основание экрана в виде составных элементов (деревянных щитов), монтажные скобы для их соединения, а также калька, листы форматов А1 и А5, лента скотч, канцелярские кнопки, бытовые ножницы, ветошь и перчатки.

*Метод определения потерь ТСМ по их удельной массе в пятне на экране* в целом осуществляют таким же образом, как и метод определения потерь ТСМ по изменению массы экрана, изложенный выше.

При этом топливно-смазочные материалы, используемые при ТО тракторов, также фиксируют на экран, размещенный под этим трактором.

После проведения ТО производят оценку наличия пятен на экране, образовавшихся от попадания на него материалов при обслуживании. При этом находят суммарную массу материалов на экране. Пятна подразделяют по отношению к материалам, например, к бензину, дизельному топливу, маслу моторному и трансмиссионному, к охлаждающей жидкости, электролиту. Затем планиметром измеряют площадь этих пятен.

В результате находят суммарную массу материалов на экране по формуле

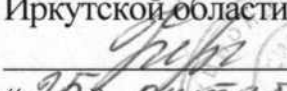
$$Q_M = \sum_{i=1}^k S_{Ci} q_{Mi}, \quad (B.2)$$

где  $Q_M$  - суммарная масса материалов на экране, кг;  $S_{Ci}$  - суммарная площадь пятен  $i$ -того материала (бензина, дизельного топлива, масла, охлаждающей жидкости, электролита),  $m^2$ ;  $q_{Mi}$  - масса  $i$ -того материала в пятне в расчете на единицу его площади,  $кг/м^2$ ;  $k$  - число материалов, применяемых при техническом обслуживании тракторов.

По суммарной массе материалов  $Q_M$  на экране определяют потери ТСМ при ТО тракторов.

Таким образом, представлен метод определения массы потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов, который основан на регистрации площади пятен материалов на экране (экранировании ТСМ) в процессе обслуживания тракторов. Для реализации этого метода предложены соответствующие технические средства, к которым относятся: палетка, основание экрана в виде составных элементов (деревянных щитов), монтажные скобы для их соединения, а также калька, листы форматов А1 и А5, лента скотч, канцелярские кнопки, бытовые ножницы, ветошь и перчатки.

Оба метода могут быть реализованы как в стационарных, так и полевых условиях.

Утверждаю:  
Генеральный директор АО  
«Сибирская Нива»  
Иркутского района  
Иркутской области  
  
А.И. Берг  
«25» октября 2019 г.



Утверждаю:  
Ректор ФГБОУ ВО «Иркутский  
государственный  
аграрный университет  
имени А.А. Ежевского»  
Ю.Е. Вашукевич  
«25» октября 2019 г.



### АКТ

производственной проверки разработки ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» по техническому обслуживанию тракторов с использованием усовершенствованных методов и средств оценки потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании этих машин в условиях хозяйства

Комиссия в составе – ведущий инженер управления сельского хозяйства администрации Иркутского района Иркутской области К.Н. Бакшеев, главный инженер АО «Сибирская Нива» А.А. Епифанов и сотрудники ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»: заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения (ЭМТП, БЖД и ПО), к.т.н. П.И. Ильин; профессор кафедры ЭМТП, БЖД и ПО, д.т.н. В.Н. Хабардин; аспирант Т.Л. Горбунова, составили настоящий акт о нижеследующем.

На производственной базе пункта технического обслуживания АО «Сибирская Нива» Иркутского района Иркутской области в 2015-2019 годы осуществлена производственная эксплуатация разработки ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» по техническому обслуживанию (ТО) тракторов с использованием усовершенствованных методов и технических средств контроля потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) при техническом обслуживании этих машин.


Осуществлена проверка новых технических решений на уровне изобретений - способов по определению количества топливно-смазочных материалов (ТСМ), выпадающих на почву при ТО тракторов в поле. Один из них основан на учете ТСМ по удельной массе в пятне на экране, а другой – на изменении массы экрана. Установлено, что наиболее предпочтительным является способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана. Относительная погрешность определения массы ТСМ на экране по этому способу составляет 2 %, что в 5 раз меньше, чем при учете ТСМ по удельной массе материала в пятне. Названные способы были положены в основу определения потерь ТСМ при ТО тракторов.

Разработаны экспериментальный и расчетный методы оценки качества ТО машин с учётом потерь ТСМ. Расчетный метод более простой: он не предполагает получение исходных опытных данных, а базируется на из-

вестных данных из заводских руководств по эксплуатации машин. В практическом смысле расчетный вариант наиболее предпочтительный.

В ходе производственной проверки осуществлена учеба механизаторов и инженерно-технических работников по вопросам улучшения качества ТО машин в аспекте экологической безопасности. При этом были использованы результаты экспериментального исследования, полученные в хозяйстве. В целом, это позволило улучшить качество ТО тракторов в хозяйстве, а также повысить уровень технической культуры ремонтно-обслуживающего персонала хозяйства. Годовой экономический эффект от применения метода оперативного контроля составляет 960 рублей на один трактор.

Ведущий инженер управления сельского хозяйства администрации Иркутского района Иркутской области

 К.Н. Бакшеев

Главный инженер АО «Сибирская Нива»

 А.А. Епифанов

Заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

 П.И. Ильин

Профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

 В.Н. Хабардин

Аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

 Т.Л. Горбунова


Утверждаю:

Директор ФГУП «Элита»  
Эхирит-Булагатского района  
Иркутской области

 В.В. Федин  
«17» декабря 2019 г.

Утверждаю:

Ректор ФГБОУ ВО «Иркутский  
государственный  
аграрный университет  
имени А.А. Ежевского»

 Ю.Е. Вашукевич  
«18» декабря 2019 г.

### АКТ

производственной проверки разработки ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» по техническому обслуживанию тракторов с использованием усовершенствованных методов и средств оценки потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании этих машин в условиях хозяйства

Комиссия в составе – главный инженер отдела по сельскому хозяйству администрации муниципального образования «Эхирит-Булагатский район» Иркутской области С.Г. Хатуев, главный инженер ФГУП «Элита» А.А. Демин и сотрудники ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»: заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения (ЭМТП, БЖД и ПО), к.т.н. П.И. Ильин; профессор кафедры ЭМТП, БЖД и ПО, д.т.н. В.Н. Хабардин; аспирант Т.Л. Горбунова, составили настоящий акт о нижеследующем.

На производственной базе пункта технического обслуживания ФГУП «Элита» Эхирит-Булагатского района Иркутской области в 2015-2018 годы осуществлена производственная эксплуатация разработки ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» по техническому обслуживанию (ТО) тракторов с использованием усовершенствованных методов и технических средств контроля потерь топливно-смазочных материалов (ТСМ) при техническом обслуживании этих машин.

Разработаны экспериментальный и расчетный методы контроля потерь ТСМ при ТО тракторов. Расчетный метод более простой: он не предполагает получение исходных опытных данных, а базируется на известных данных из заводских руководств по эксплуатации машин. Причем эти данные документированы и не требуют специального подтверждения. В практическом смысле расчетный вариант наиболее предпочтительный. В результате производственной проверки установлено, что относительная погрешность расчетного метода определения потерь ТСМ при ТО тракторов не превышает 5 %. Практическое применение расчетного метода по требованиям точности вполне приемлемо. Кроме того, произведена проверка новых технических решений на уровне изобретений - способов и средств (экрана, устанавливаемого под обслуживаемый объект) по определению количества топливно-смазочных материалов, выпадающих на почву при ТО тракторов в полевых условиях.




В процессе производственной проверки на основе результатов экспериментального исследования, полученных в хозяйстве, была организована учеба механизаторов и специалистов по вопросам качества ТО и экологической безопасности. Это позволило улучшить качество ТО тракторов, а также повысить уровень технической и экологической культуры обслуживающего персонала хозяйства. Годовой экономический эффект от применения метода оперативного контроля составляет 1100 рублей на один трактор.

Главный инженер по сельскому хозяйству муниципального образования «Эхирит-Булагатский район» Иркутской области

 С.Г. Хатуев

Главный инженер ФГУП «Элита»

 А.Л. Демин

Заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

 П.И. Ильин

Профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

 В.Н. Хабардин

Аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

 Т.Л. Горбунова