

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Саратовский государственный аграрный университет
им. Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

КАДУХИН Антон Игоревич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ЗА СЧЕТ ВЫБОРА
РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ)**

Специальность 05.20.01 – «Технологии
и средства механизации сельского хозяйства»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Коцарь Ю.А.

Саратов 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
| 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ..... | 13 |
| 1.1. Анализ факторов определяющих эффективность эксплуатации МТА | 13 |
| 1.1.1. Социально-кадровые факторы..... | 15 |
| 1.2. Техничко-эксплуатационные факторы | 17 |
| 1.2.1. Техническое состояние тракторного парка..... | 17 |
| 1.2.2. Рациональное комплектование МТА и выбор режима работы..... | 20 |
| 1.2.3. Использование технических средств контроля эксплуатационных показателей, для выбора оптимального режима работы МТА..... | 24 |
| Выводы по разделу..... | 36 |
| 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МТА В СООТВЕТСТВИИ С ВЫБРАННЫМ КРИТЕРИЕМ..... | 37 |
| 2.1. Анализ факторов определяющих часовой расход топлива | 38 |
| 2.1.1. Определение часового расхода топлива по положению рейки топливного насоса и оборотам двигателя..... | 38 |
| 2.1.2. Определение расхода топлива через эффективную мощность двигателя | 40 |
| 2.2. Определение часовой производительности агрегата | 40 |
| 2.3. Определение погектарного расхода топлива и анализ полученных | |

| | |
|---|----|
| выражений..... | 42 |
| 2.4. Расчетно-теоретическое обоснование эффективности МТА в зависимости от эксплуатационных режимов..... | 50 |
| Выводы по разделу..... | 56 |
| 3. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАНИЯ..... | 58 |
| 3.1. Структура исследований | 58 |
| 3.2. Программа и общая методика проведения экспериментальных исследований | 60 |
| 3.2.1. Программа и общая методика проведения лабораторных исследований | 60 |
| 3.2.2. Программа и общая методика проведения лабораторно-полевых исследований информационной системы в составе МТА..... | 61 |
| Выводы по разделу..... | 63 |
| 4. ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОЛУЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ МТА..... | 65 |
| 4.1. Обоснование способов получения оперативной информации об эксплуатационных показателях МТА | 65 |
| 4.2. Разработка информационной системы | 69 |
| 4.2.1. Принципиальная схема информационной системы | 70 |
| 4.2.2. Алгоритм расчета эксплуатационных показателей МТА | 73 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.3. Работа информационной системы..... | 75 |
| Выводы по разделу..... | 79 |
| 5. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МТА ОБОРУДОВАННОГО ИС | 80 |
| 5.1. Проведение лабораторных исследований информационной системы..... | 80 |
| 5.1.1. Методика проведение калибровки датчика положения рейки ТНВД... | 80 |
| 5.1.2. Методика тестирования информационной системы | 83 |
| 5.1.3. Методика определения соответствия показаний ИС рабочей скорости движения МТА и часового расхода топлива расчетным значениям | 85 |
| 5.2. Методика проведение эксплуатационных исследований МТА оборудованного информационной системой | 86 |
| 5.2.1. Подготовка участка для проведения исследования..... | 87 |
| 5.2.2. Подготовка трактора для проведения исследования..... | 88 |
| 5.2.3. Методика проведения полевого опыта | 93 |
| 5.2.3.1. Методика определения соответствия показателей фактического часового расхода топлива показаниям информационной системы | 93 |
| 5.2.3.2. Методика определение степени соответствия фактической рабочей скорости показаниям информационной системы | 92 |
| 5.2.3.3. Методика обоснование топливно-экономической эффективности использования ИС при выборе эксплуатационных режимов работы МТА.... | 96 |
| 5.2.3.4. Методика проверки адекватности математической модели по результатам экспериментальных исследований | 98 |

| | |
|--|-----|
| 5.3. Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований..... | 99 |
| 5.3.1. Обработка и анализ результатов калибровки датчика положения рейки ТНВД..... | 99 |
| 5.3.2. Результаты определения соответствия показаний ИС скорости и часового расхода топлива расчетным значениям..... | 100 |
| 5.3.3. Результаты определения соответствия фактической рабочей скорости и показаний ИС..... | 100 |
| 5.3.4. Результаты определения соответствия фактического часового расхода топлива показаниям ИС..... | 102 |
| 5.3.5. Результаты обоснования эффективности использования ИС при выборе эксплуатационных режимов МТА..... | 103 |
| 5.3.6. Проверка адекватности математической модели результатам экспериментальных исследований..... | 106 |
| Выводы по разделу..... | 108 |
| 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МТА | 110 |
| 6.1. Определение затрат на модернизацию | 110 |
| 6.2. Издержки образовавшиеся в результате работы МТА со штатной комплектацией трактора и оборудованного информационной системой при выполнении с.-х. работ | 111 |
| Выводы по разделу..... | 114 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 115 |

| | |
|------------------------|-----|
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 117 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 129 |

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

МТА – машинно-тракторный агрегат

АПК – агропромышленный комплекс

МТП – машинно-тракторный парк

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ТНВД – топливный насос высокого давления

к/в – коленчатый вал

ИС – информационная система

с.-х. – сельскохозяйственный

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Осложнение международной обстановки приведшей к введению санкций США и ряда западных стран против РФ поставило перед АПК страны стратегическую задачу укрепления производственной безопасности которая связана со скорейшей интенсификацией сельскохозяйственного производства и значительным повышением производительности труда при более эффективном использовании энергетических ресурсов.

Решение поставленной задачи во много определяется реализацией мероприятий по совершенствованию конструкции сельскохозяйственной техники и методов эксплуатации МТА и в первую очередь тракторного парка, являющегося основой механизированных работ в АПК и основным потребителем энергоносителей. Первостепенное значение при этом приобретает эффективное использование мощности тракторных двигателей, с учетом их эксплуатационных характеристик, а также функциональных возможностей.

Особенностью работы тракторных двигателей является переменный характер нагрузки действующий на агрегатируемую машину при значительной ее вариации, как по частоте, так по амплитуде. Последнее требует от механизатора частого переключения передач и выбора оптимального режима работы тракторного двигателя, что практически не осуществимо, из-за отсутствия средств контроля за работой МТА. Положение усугубляется еще и тем, что нормативная документация по эксплуатации тракторной техники не соответствует фактическому техническому состоянию тракторного парка, более 75% которого эксплуатируется более 10 лет.

По этой причине механизатор выбирает режим работы трактора из опыта работы, квалификации и на интуитивном уровне. Анализ научных исследований и рынка сельскохозяйственной техники показал, что в

настоящее время не существует законченных технических решений, позволяющих оперативно производить выбор оптимального режима работы трактора в составе МТА. Кроме того, работы по созданию систем информации и контроля за работой МТА, проводившиеся в ряде НИИ, по определенным причинам были свернуты.

Зарубежные системы по контролю за работой МТА оказались неприемлемыми для отечественной техники, так как они являются составной частью бортовой электроники трактора управляющей работой его систем и механизмов, а их стоимость соизмерима со стоимостью отечественных тракторов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что обоснование способов и разработка технических средств по выбору оптимального режима работы МТА является актуальной задачей сельскохозяйственного производства.

Решение поставленной задачи связано с проведением и реализацией результатов аналитических и прикладных исследований.

На основании вышеизложенного определены цель и задачи исследования.

Работа выполнена в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 717 от 14 июня 2012 года «О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия 2013–2020 годы».

Степень разработанности темы. В настоящее время рынок средств технического контроля эксплуатационных показателей МТА в РФ практически отсутствует. Существующие технические средства, разработанные в 90-х годах прошлого века в ВИМ, ВИИТиН, ЛСХИ и Рязанском СГА, основываются на устаревшей элементной базе, имеют большое количество недостатков и не нашли широкого применения в АПК. Кроме того, они в основном предназначены для определения оптимального режима работы тракторного двигателя, а не МТА в целом. Зарубежные

технические системы неприемлемы для отечественной техники, так как являются неотъемлемой частью конструкции трактора и имеют высокую стоимость.

На основании анализа существующих технических решений и новых возможностей элементной базы разработаны принципиальная схема информационной системы по контролю за основными эксплуатационными показателями МТА и методики по их определению.

Цель исследования: снижение погектарного расхода топлива и повышение производительности МТА за счет использования технических средств контроля эксплуатационных показателей.

Для решения поставленной цели определены **задачи исследования:**

1 Провести анализ эксплуатационных факторов, по критерию эффективности эксплуатации МТА.

2 Теоретически обосновать эксплуатационные факторы, определяющие эффективность МТА: зависимость производительности и расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя и передаточного отношения трансмиссии.

3 Разработать систему технического контроля (информационной системы), для определения эксплуатационных показателей МТА.

4 Провести экспериментальные исследования МТА оборудованного информационной системой и определить ее влияние на производительность и расход топлива.

5 Выполнить технико-экономическое обоснование использования информационной системы при эксплуатации МТА.

Объект исследования процесс функционирования МТА состоящего из трактора «Кировец» оборудованного информационной системой в агрегате с плугом ПЛН-8-35.

Предмет исследования – закономерность изменения основных эксплуатационных показателей МТА при использовании информационной системы для выбора оптимального режима его работы.

Научная новизна работы представлена:

- математической моделью по определению погектарного расхода топлива в зависимости от управляемых эксплуатационных факторов;
- методикой проведения калибровки датчика положения рейки ТНВД при оперативном определении расхода топлива;
- расчетно-теоретическим и экспериментальным обоснованием экономической целесообразности применения информационной системы при эксплуатации МТА.

Практическая значимость состоит в предложенном техническом решении информационной системы, защищенном патентом Российской Федерации № 2560210 по определению, в режиме реального времени, основных эксплуатационных показателей МТА для выбора оптимального режима его эксплуатации. Предлагаемая – информационная система позволяет выбрать оптимальный режим работы МТА, тем самым снизить до 16% погектарный расход топлива и осуществить контроль за работой механизатора.

Методология и методы исследования. Методологическую основу исследований составили методы системного анализа, математического анализа, математической статистики, частные методики лабораторно-полевых исследований и эксплуатационных исследований. Полученные экспериментальные данные обработаны методами математической статистики на ЭВМ.

Реализация результатов исследования. Разработанная информационная система для выбора оптимального режима работы МТА используется в СПК «им. В.И. Чапаева» Петровского района Саратовской области и может быть рекомендована к применению на других сельскохозяйственных предприятиях РФ, эксплуатирующих технику, оснащенную отечественными дизельными двигателями.

Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:

- математическая модель по определению погектарного расхода МТА в зависимости от управляемых эксплуатационных факторов;
- принципиальная схема ИС для выбора эксплуатационного режима МТА в конкретных условиях;
- методика проведения тестирования информационной системы;
- результаты проведения экспериментальных исследований МТА при оснащении трактора ИС.

Степень достоверности и апробации результатов – обеспечены достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных данных проведенных по критерию Фишера – Снедекора, подтверждаются методиками выполнения экспериментальных исследований, разработанных в соответствии с ГОСТами.

Основные научные положения, выводы и практические рекомендации доложены и одобрены на научно-технических конференциях ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» (Саратов, 2013–2016); на Международной конференции посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В. (Саратов, 2013); на XXVI Международной научной конференции «Участники школы молодых ученых и программы УМНИК»: (Саратов, 2013); на Международном научно-техническом семинаре имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (Саратов, 2014); на Международной научной-практической конференции молодых ученых «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России» (Пенза, 2016).

Диссертация состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка литературы, включающего в себя 129 наименований, из них 2 – на иностранных языках. Работа изложена на 147 страницах, содержит 61 рисунок и 6 таблиц. Приложения представлены на 17 страницах.

По результатам исследований опубликовано 9 работ, в том числе 3 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки РФ, получено 2 патент на изобретение № 2560210 и полезную модель № 129221.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интенсивное развитие агропромышленного комплекса страны и увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции при снижении численности трудоспособного населения сельских территорий невозможна без эффективного использования существующих высокопроизводительных, а также, современных машин и агрегатов.

Эффективность использования МТА определяется не только производительностью и качеством выполняемых сельскохозяйственных операций, но и их себестоимостью, основная составляющая которой приходится на энергоносители.

Важное значение при этом приобретают правильный выбор режимов работы МТА, грамотное использование особенностей конструкции трактора, влияющих на его мощностные и топливно-экономические показатели.

Поэтому решение задачи повышения топливной экономичности МТА требует проведения всестороннего анализа факторов, определяющих эффективность их работы.

1.1 Анализ факторов, определяющих эффективность эксплуатации МТА

Основой сельскохозяйственного производства как в растениеводстве, так и в животноводстве является тракторный парк. От его функционирования в решающей степени зависит производительность труда, эффективность использования МТА и всего АПК в целом.

Эффективность работы МТА определяется в основном производительностью и расходом топлива на единицу выполненной работы при соблюдении агротехнических требований к выполняемой операции [1]. В свою очередь производительность зависит от рабочей скорости агрегата и ширины его захвата, рельефа и конфигурации поля, коэффициента использования времени смены и т. д. Расход топлива в свою очередь

определяется: техническим состоянием трактора и агрегируемой машины, квалификацией механизатора, удельным сопротивлением почвы, коэффициентом использования мощности двигателя и т. д.

В результате проведения первичного анализа факторов, определяющих эффективность эксплуатации МТА, выделены факторы, наиболее значимые на данный период состояния АПК.

Данные факторы можно разделить на две группы, социально-кадровые и технико-эксплуатационные (рис. 1.1).

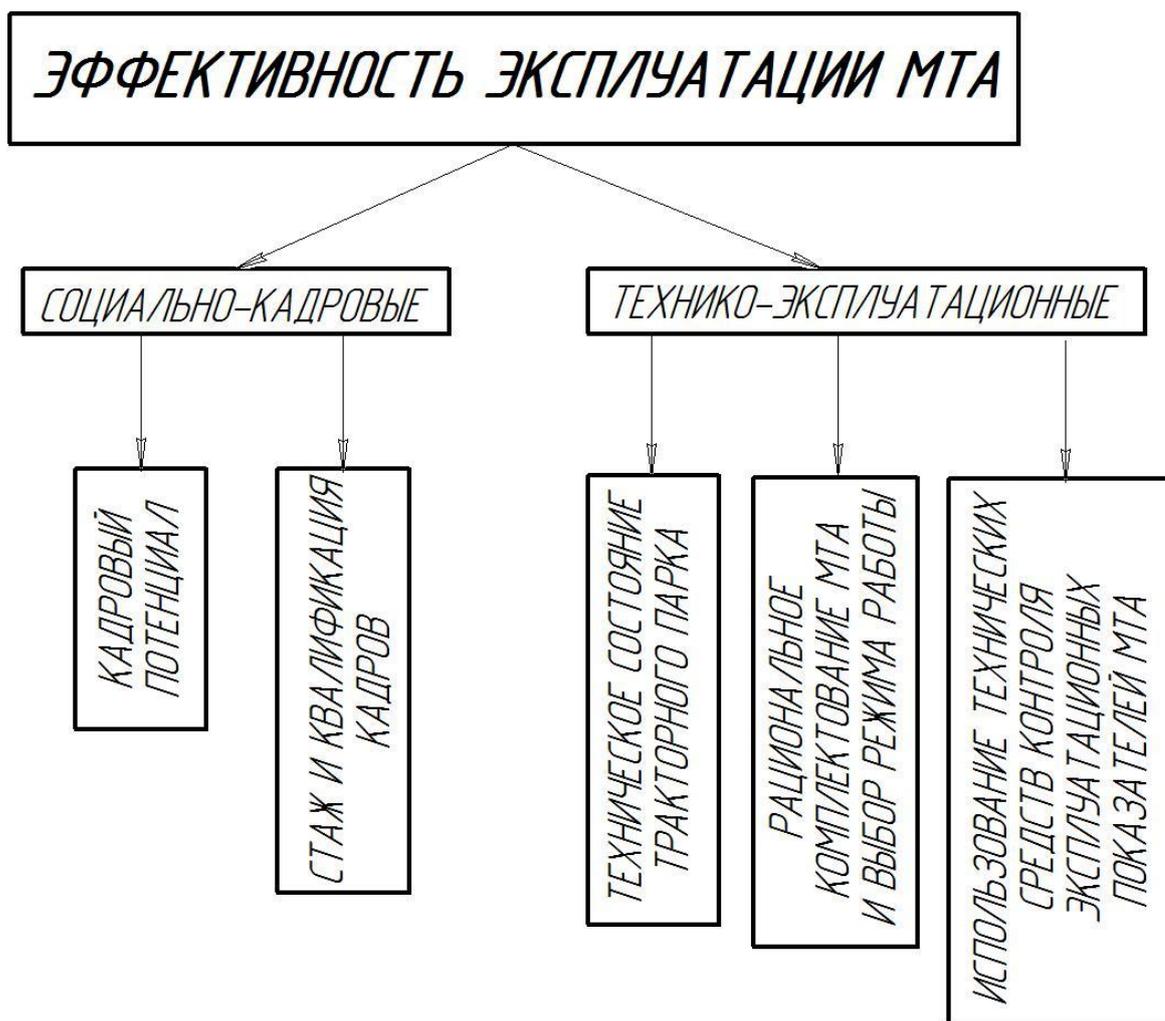


Рисунок 1.1 – Схема факторов, определяющих эффективность МТА

К кадровым факторам относятся:

- наличие кадрового потенциала механизаторов и ИТР в АПК;
- стаж работы механизаторов и их квалификация.

Из технико-эксплуатационных факторов первостепенное значение имеют:

- техническое состояние трактора и агрегируемой машины;
- рациональный состав МТА;
- использование средств контроля за работой МТА и выбор оптимального эксплуатационного режима.

1.1.1 Социально-кадровые факторы

Интенсивное развитие сельскохозяйственного производства невозможно без применения современной сложной и дорогостоящей техники, которая в свою очередь требует соответствующей квалификации работников АПК, и в первую очередь механизаторов высокой квалификации, способных грамотно ее эксплуатировать. Однако негативные явления, накопленные в стране в результате экономических и финансовых кризисов, обернулись катастрофическими последствиями для многих регионов и привели к демографическим провалам на селе. Численность рабочих, занятых в АПК, имеет стойкую тенденцию к сокращению, так, за период с 2000 по 2010 год общая численность рабочих, занятых в сельскохозяйственном производстве, сократилась на 2593 тысячи человек, или на 64,9 %, при этом наибольшие потери приходятся на механизаторов [3]. Работа механизатора всегда была связана с ненормированным рабочим днем и физическими нагрузками, а в настоящее время стала еще и непрестижной, в связи с обнищанием села и более низкой оплатой труда по сравнению с промышленными рабочими. Все эти факторы способствуют оттоку молодежи из села в промышленный сектор экономики и быстрому старению сельского населения, занятого в АПК. По состоянию на 1 июня 2013 года 25 % механизаторов имеют возраст до 35 лет, 34 % – возраст 35–50 лет и 41 % свыше 50 лет, из них 12 % перешагнули пенсионный возраст [3].

Старение кадров на фоне их дефицита не способствует повышению квалификации механизаторов и стремлению к освоению новой высокопроизводительной техники.

Главной действующей фигурой в поле является механизатор. В его обязанности входят не только управление МТА, но и подготовка машины к работе, проведение технического обслуживания и ремонтов, а также устранение технических отказов во время работы. В современном сельскохозяйственном производстве используется значительное количество машин различного технологического назначения. Поэтому в условиях кадрового дефицита механизатор вынужден работать на различных машинах [4]. Реформирование и так называемая оптимизация системы образования в стране привели к деформированию системы подготовки кадров АПК. На предприятиях АПК в настоящее время высшее и среднее профессиональное образование имеют не более 23 % специалистов, а доля высококвалифицированных механизаторов не превышает 30 % [2], с явной тенденцией к дальнейшему снижению. Сохранившиеся ПТУ не имеют необходимой материально-технической базы и не обеспечивают должный профессиональный уровень. В результате большинство работ с использованием современной техники выполняется механизаторами с низким уровнем подготовки. Поэтому квалификация механизатора в большинстве случаев определяется стажем его работы и личностными качествами. В результате исследований, проведенных Б.П. Кутеповым [5] и А.Н. Пугачевым [6], установлена зависимость между стажем механизатора и эффективностью использования сельскохозяйственной техники. Ими, в частности, установлено, что у механизатора со стажем сменная производительность выше, в сравнении с механизатором без стажа, в 1,5–2,3 раза, а часовая на 60–62 %. Влияние стажа и классности механизаторов на сменную производительность, годовую выработку, а также на эксплуатационные затраты отмечается в ряде работ [7–10]. Результаты проведенных исследований [7, 11], а также опыт эксплуатации МТА показали, что при работе на одном и том же тракторе механизаторов с разным стажем и квалификацией при прочих равных условиях эксплуатации, приводит к различию расхода топлива в 10–20 %. Экономия топлива

достигается за счет маневрирования скоростью движения МТА, за счет переключения передач, и скоростным режимом работы двигателя.

Кадровое обеспечение АПК в настоящее время является стратегической задачей государственного масштаба, и от ее решения зависит продовольственная безопасность страны.

Старение кадров сопровождается также нежеланием молодых специалистов работать в сельском хозяйстве, высокой текучестью специалистов и руководителей из-за отсутствия экономической стабильности в аграрном секторе.

Нехватка денежных ресурсов в хозяйствах, а также несовершенство методов оценки образовательных потребностей в АПК вынуждают сельскую молодёжь и трудоспособное население искать более высоких заработков в городе. Не более 20 % выпускников аграрных вузов остаются трудиться на сельскохозяйственных предприятиях, и лишь 35 % инженерных должностей занимают специалисты с высшим образованием.

Немаловажное значение на процесс привлечения кадров на село оказывают условия жизни и социальная инфраструктура предприятия [12].

1.2 Техничко-эксплуатационные факторы

Из технико-эксплуатационных факторов важнейшее значение имеет техническое состояние тракторного парка, так как он является основой для выбора и комплектования шлейфа машин и систем технического контроля за работой МТА в целом.

1.2.1 Техническое состояние тракторного парка

Тракторный парк, как отмечалось ранее, является основой для функционирования всех отраслей аграрного производства.

В начале 70-х годов прошлого века наша страна вышла на первое

место в мире по производству сельскохозяйственных тракторов [13]. Ежегодный прирост тракторного парка, с учетом естественного списания, составлял 200–250 тысяч единиц. Так, в 1986 году тракторный парк насчитывал 2 миллиона 650 тысяч единиц (рис. 1.2), но и этого количества было недостаточно для своевременного и качественного выполнения сельскохозяйственных операций в полном объеме. Нагрузка на 1 трактор составляла около 100 гектаров пашни, при нормативе 50–60 гектаров. В 1986 году производство тракторов достигло 560 тысяч, что составляло 40 % от мирового выпуска. При таком уровне производства дефицит тракторного парка через 5–6 лет был бы полностью ликвидирован [14].

Однако начавшаяся перестройка, а затем затянувшиеся негативные явления в промышленности и экономике страны в значительной степени отразились на материально-техническом обеспечении АПК. За период с 1985 по 2012 год парк тракторов сократился на 72,2 %, комбайнов на 73,7 %. В настоящее время в стране не осталось ни одного тракторного завода, способного к серийному производству техники, что привело к катастрофическому сокращению и старению тракторного парка. Так, в 2010 году в стране было произведено 8,5 тысячи тракторов, из них 6,3 тысячи собраны из зарубежных узлов и агрегатов [15]. Численность тракторного парка составляла 338,4 тысячи единиц, что ниже, чем в 1940 году.

Ежегодное сокращение числа тракторов, работающих в аграрном секторе, составляет 6 %, при коэффициенте обновления 3,6 %. Минимально допустимое значение коэффициента, необходимое для поддержания имеющейся численности тракторного парка, соответствует 10 %. Все это привело к тому, что 83,2 % тракторов эксплуатируются более 9 лет [16].

Несмотря на то, что за период с 1995 по 2011 год посевные площади сократились на 25,9 миллиона гектаров, обеспеченность тракторами на 1 гектар пашни снизилась в два раза и составляет 238 гектаров [15]. Масштабы материального разрушения в АПК особенно ощутимы при сопоставлении с другими странами. Так, в Германии на один трактор приходится 34 гектара

пашни, во Франции 14, в Италии 5, и энергообеспечение сельскохозяйственного производства непрерывно растет [15].

Ставка на импортозамещение сельскохозяйственной техники в реальности оказалась утопией. Так, только на закупку тракторов в 2013 году было затрачено выше 150 миллиардов долларов США [17], но они в ближайшее время, в связи с введением санкций и отсутствием технического сопровождения, превратятся в дорогостоящий утиль.

Актуальной проблемой сельскохозяйственного производства является старение и как следствие физический износ тракторного парка. Старение тракторного парка неизбежно приводит к уменьшению производительности МТА и увеличению расхода топлива за счет потери мощности двигателя, падения КПД трансмиссии и надежности трактора в целом.

В ряде работ [7, 18, 19] отмечается, что в результате естественного износа механизмов двигателя и нарушения регулировок трактор теряет от 3 до 20 % эффективной мощности. При этом 64,3 % двигателей ЯМЗ-240Б (трактор К-701) работают с заниженной мощностью: 20 % из них со снижением мощности на 5 %, 10 % – более чем на 10 %, 13 % – на 14–15% и 20 % – от 16 до 30 %.

По результатам исследований [19], падение мощности двигателя на 1 % приводит к снижению производительности на вспашке на 1,4–1,5 % и увеличению расхода топлива на 1,3–1,35 %. Таким образом, 13% тракторов имеют средний перерасход топлива 16,9 %, а 31,2 % при снижении производительности на 18,2 и 32,2 % соответственно.

Немаловажное значение имеет качественное и своевременное проведение технического обслуживания. Так, несоблюдение требуемого давления в шинах трактора К-701, особенно на ранневесенних работах, приводит к снижению производительности на 12–15 % и увеличению расхода топлива на 8–12 % [20].

Износ тракторного парка в совокупности с низкой квалификацией механизаторов является причиной неэффективного использования техники и

повышенного расхода топлива при эксплуатации МТА.

1.2.2 Рациональное комплектование МТА и выбор режима работы

Трактор является основной тяговой силой сельскохозяйственного производства, и от грамотной его эксплуатации зависит производительность труда и эффективность производства в целом. В то же время трактор может выполнить определенную работу, только вместе с сельскохозяйственной машиной, то есть в составе машинно-тракторного агрегата.

Эффективное использование МТА возможно только при реализации его потенциальных возможностей. Однако, как показала практика и результаты исследований [2, 21–24], потенциальные возможности тракторов в условиях рядовой эксплуатации используются не в полной мере. Особенно это характерно для энергонасыщенных тракторов. Так, например, удельная средняя производительность трактора К-700 на пахоте и культивации на 25–30 % ниже, чем у трактора Т-150К. Основной причиной снижения удельной производительности является недогрузка двигателя из-за неверного выбора режима работы и ширины захвата агрегата.

В работах [25, 26] также отмечается, что энергонасыщенные тракторы эксплуатируются со значительной недогрузкой из-за нерационального комплектования агрегата и выбора режима работы. Последнее приводит к снижению производительности на 12–44 %, а в отдельных случаях и на 50 %.

Рациональный состав МТА предполагает выбор ширины захвата и скоростного режима, которые в данных условиях эксплуатации обеспечивают максимальную целесообразную техническую и экономическую производительность. Комплектование МТА во многом зависит от почвенных условий, его ширины захвата и рабочей скорости, определяемой агротехническими требованиями к выполняемой операции.

Ширина захвата агрегата и удельное сопротивление почвы определяют его тяговое сопротивление, которые в совокупности с рабочей

скоростью оказывают влияние на эффективность использования мощности двигателя и тяговых показателей трактора [22–27]. От согласования тяговой характеристики трактора и тягового сопротивления агрегата и зависит эффективность работы МТА.

Для рационального комплектования МТА и выбора оптимального режима эксплуатации в свое время в СССР, на базе МИС, была разработана нормативно-техническая документация на выполнение механизированных работ в сельскохозяйственном производстве [30], на основании которой, исходя из конкретных почвенно-климатических условий и вида сельскохозяйственной операции, определялись: состав МТА, диапазон рабочих передач, часовая и сменная производительность, а также часовой и погектарный расход топлива. В настоящее время, в связи с высоким физическим износом тракторного парка и значительной разномарочностью новой сельскохозяйственной техники, данная нормативно-техническая документация потеряла значимость.

В силу неоднородности почвы, даже в пределах одного поля, при прочих равных условиях, трактор может быть как перегружен, так и недогружен. Для эффективного использования МТА механизатор должен изменять или ширину захвата – за счет числа машин в агрегате, или скорость движения – за счет переключения передач. Естественно, нецелесообразно изменять количество машин в агрегате, даже в течение одной смены, кроме того, плуги, культиваторы, сеялки и т. д. имеют определенную ширину захвата, которая на определенных агрофонах не всегда будет оптимальной. Поэтому механизатор будет изменять скорость движения агрегата за счет переключения передач.

Величина тягового сопротивления агрегата зависит не только от ширины захвата и состояния почвы. Существенное влияние на него оказывает и скорость движения. С повышением скорости тяговое сопротивление возрастает (1.1), что сопровождается увеличением расхода топлива.

$$K_M = K_{M0} \cdot [1 + \Delta K \cdot (V - V_0)], \quad (1.1)$$

где K_{M0} – удельное тяговое сопротивление при скорости до $V_0 = 1,4$ м/с; ΔK – относительное приращение удельного сопротивления при увеличении скорости на 1 м/с; V – фактическая скорость движения МТА.

Таким образом, изменение скорости движения агрегата оказывает влияние как на производительность, так и на расход топлива. Чтобы получить наилучшие показатели по производительности и расходу топлива, механизатор должен правильно выбрать скоростной режим работы МТА, который может быть получен за счет маневрирования передачами или оборотами двигателя. Выбор режима работы МТА механизатором проводится исходя из опыта работы: на слух по работе двигателя, по дымности выхлопных газов и т. д. или на интуитивном уровне. Для механизатора с недостаточным опытом работы и низкой квалификацией выбрать, а тем более маневрировать в процессе работы переключением передач и оборотами двигателя проблематично, и поэтому он останавливается на каком-то одном варианте. В результате неверного скоростного режима МТА недоиспользование мощности двигателя достигает 15–20 % [20, 31, 32], что и является причиной различий погектарного расхода топлива при выполнении одной операции, на одном тракторе, но разными трактористами, на 10–20 %.

Загрузка двигателя – один из важнейших параметров, определяющих эффективность эксплуатации МТА; так, в работе [33] рекомендуется выполнять агрегатирование трактора таким образом, чтобы недогрузка двигателя на пахоте не превышала 9 %, а на других работах – 7 %, однако при этом не приводится обоснование критериев оценки его загрузки.

Для обеспечения высокой производительности и топливной экономичности МТА необходимо согласование оптимальных скоростных и нагрузочных режимов его основных звеньев. Основоположником теории выбора оптимального режима работы и параметров сельскохозяйственных агрегатов является В.П. Горячкин [34]. Основным положением теории

представляется совместное изучение режимов работы двигателя, скоростных и нагрузочных характеристик трактора и агрегируемой машины.

Одним из факторов эффективного использования МТА является изменение скоростного режима в зависимости от условий работы. В работах И.П. Полканова и Ф.И. Гавриловой [35, 36] рассматривался вопрос влияния скоростного режима МТА на его производительность. Ими, в частности, было предложено соотношение, связывающее скорость движения МТА, касательную силу тяги, ширину захвата и мощность двигателя:

$$\frac{V_{п}}{V_{н}} = \frac{P_{кп}}{P_{кн}} = \frac{B_{рп}}{B_{рп}},$$

где $V_{п}$ и $V_{н}$ – скорость на пониженной и повышенной передачах соответственно; $P_{кп}$ и $P_{кн}$ – касательная сила тяги на указанных передачах; $B_{рп}$ и $B_{рп}$ – ширина захвата для отмеченных вариантов.

При этом констатировалось, что скорость движения агрегата может быть увеличена пропорционально увеличению мощности двигателя.

$$\frac{V_{75}}{V_{54}} = \frac{N_{e75}}{N_{e54}},$$

где 54 и 75 – индексы, соответствующие мощности двигателей тракторов ДТ-54 и ДТ-75.

Однако это выражение не учитывает многие конструктивные и эксплуатационные факторы, такие, как масса трактора, количество рабочих передач, величины буксования и т. д. [37].

В эксплуатационных условиях маневрирование скоростью движения за счет переключения передач и изменения оборотов двигателя позволяет повысить производительность агрегата на 5–10 %. Однако этот прирост вызывает увеличение расхода топлива [38].

При работе трактора с недогрузкой целесообразно переходить на повышенную передачу, однако большинство отечественных тракторов имеют механические коробки передач, следовательно, переход на повышенную передачу может привести к перегрузке двигателя или превышению агротехнической скорости. В этом случае возможна работа на

пониженной передаче при повышенных оборотах двигателя или на повышенной передаче, но при пониженных оборотах. При этом рабочая скорость не превысит допустимую, а двигатель будет работать на оптимальном режиме при минимальном расходе топлива [39–43]. Однако для этого у механизатора должна быть оперативная информация об эксплуатационных показателях МТА.

Рабочая скорость является управляемым фактором, оказывающим прямое воздействие на эксплуатационные показатели МТА, однако при выборе ее оптимального значения необходимо учитывать множество факторов: агротехнические требования к выполняемой операции, состояние почвы, величину буксования трактора, величину и характер тяговой нагрузки и т. д. [44, 45, 27, 46, 47].

Так, в работах ряда авторов [48–51] отмечается, что существует большое количество эмпирических зависимостей, определяющих действительную скорость движения МТА, однако реализовать их практически невозможно из-за сложности оборудования, даже на уровне лабораторных исследований, тем более в условиях рядовой эксплуатации.

Решению задач выбора оптимального режима работы МТА посвящен ряд работ [27, 52–54] в которых приводятся аналитические зависимости по выбору оптимального режима работы МТА с применением множества эмпирических коэффициентов. Последнее делает неприемлемым применение данных зависимостей к средствам контроля за работой МТА.

Из вышеизложенного следует, что одной из актуальных задач эксплуатации МТА, при известных его конструктивных и энергетических параметрах, является установление и поддержание оптимального режима работы, в конкретных условиях эксплуатации. Последнее невозможно без наличия оперативной информации об эксплуатационных показателях МТА.

1.2.3 Использование технических средств контроля эксплуатационных показателей для выбора оптимального режима работы МТА

В разделе 1.1.2 отмечается, что загрузка двигателя является одним из важнейших показателей эффективности эксплуатации МТА, поэтому важное значение имеет обоснование оценочных показателей степени его загрузки. Загрузка двигателя по его крутящему моменту или по расходу топлива будет иметь различные способы определения и, естественно, различные конечные результаты [55].

Основоположниками исследования степени загрузки двигателя являются В.Н. Болтинский, С.А. Иофинов, Ю.К. Киртбая, Г.Н. Кутьков и ряд других исследователей [37, 46, 55–57, 59]. В частности, в своей работе [37] Г.Н. Кутьков рекомендует в условиях рядовой эксплуатации оценивать загрузку двигателя по расходу топлива и частоте вращения коленчатого вала двигателя. Для реализации данного способа необходимо измерять расход топлива за час чистой работы и сопоставлять его с максимальным по регуляторной характеристике двигателя. Предлагаемый способ имеет ряд недостатков, которые делают его неприемлемым в условиях рядовой эксплуатации.

Во-первых, необходимо проводить точное измерение расхода топлива за час чистой работы при определенной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Во-вторых, полученный часовой расход топлива может соответствовать или нисходящей ветви регуляторной характеристики, когда двигатель работает с перегрузкой, или восходящей – при работе двигателя с недогрузкой.

В-третьих, сравнение идет с теоретической тяговой характеристикой, которая не отражает технического состояния двигателя.

В работах [60–62] предлагается определять мощность двигателя по косвенным показателям: частоте вращения коленчатого вала, часовому расходу топлива и крутящему моменту. Однако неточность измерения физических величин и нестабильность эксплуатационных показателей

двигателя не дают возможности получить реальные значения по загрузке двигателя. Кроме того, определение загрузки двигателя по частоте вращения коленчатого вала имеет существенную погрешность, так как не учитывает колебания силы тяги на крюке и фактическое значение мощности.

В частности, в работе [60] отмечается, что трудность определения загрузки двигателя состоит в отсутствии объективного критерия его оценки. Исследованиям по определению загрузки двигателя по крутящему моменту посвящены работы ряда авторов [63–65]. В частности, в работе [65] М.М. Билана предлагается в качестве дополнительного критерия использовать время работы двигателя на регуляторной и корректорной ветвях характеристики диаграммы изменения момента сопротивления. Трудность этого метода заключается именно в определении времени работы на ветвях характеристики двигателя.

Определение коэффициента загрузки двигателя по средней мощности также не дает реальной картины режима его работы [64]. Сравнительный анализ вышеперечисленных и существующих методов определения степени загрузки двигателя, проведенный А.К. Юдашевым [66], показал, что различия в показаниях по величине крутящего момента достигают 100 %, по расходу топлива – 40 %, по цикловой подаче топлива – 45 % и ходу рейки топливного насоса – 37 %. Таким образом, при разнообразии существующих методик не существует однозначной оценки эксплуатационной мощности двигателя, а следовательно, и эксплуатационных показателей МТА в целом.

МТА представляет собой динамическую систему, состоящую из трактора и агрегатируемой с ним сельскохозяйственной машины. Поэтому нельзя по отдельности рассматривать эффективность эксплуатации трактора и эффективность эксплуатации агрегатируемой с ним машины. Необходимо рассматривать эффективность эксплуатации МТА в целом, а не отдельных его элементов. Следовательно, необходимо выбирать такой критерий оптимизации работы МТА, который оказывает существенное влияние на конечный результат. О выборе критерия оптимизации режимов работы МТА

не существует единого мнения. Так, в работах [67–72] и других предлагаются следующие критерии оптимизации: экстремальное значение мощности двигателя, удельный расход топлива, удельный тяговый расход топлива, тяговая мощность трактора, удельные приведенные затраты и т. д.

В процессе эксплуатации МТА работа по вышеперечисленным критериям не всегда является оправданной. В существующих экономических условиях, сложившихся в нашей стране, когда рост стоимости энергоносителей существенно опережает цены на сельскохозяйственную продукцию, необходимо стремиться к снижению расхода топлива, особенно на энергоемких операциях.

В работе А.М. Деметьева [73] предлагается использовать технико-экономические параметры оптимизации – производительность, энергоемкость технологического процесса и удельные затраты. В качестве энергетического и технико-экономического критериев в работе [74] принимают минимум удельного расхода топлива и удельных затрат на 1 га.

Одним из условий эффективной эксплуатации МТА является получение достоверной информации о его эксплуатационных показателях: производительности, расходу топлива, степени загрузки двигателя, величине буксования и т. д. То есть необходима система, информирующая механизатора о работе МТА в целом и отдельных его систем, позволяющая правильно оценить ситуацию и принять адекватное решение по выбору режима эксплуатации.

Существующие методы эксплуатационного контроля работы МТА (рис. 1.2) можно разделить на две группы: субъективные и объективные.

Субъективные методы эксплуатационного контроля, такие, как определение загрузки трактора на слух по работе двигателя; по дымности выхлопа и по тахоспидометру, являются весьма условными, так как не учитывают многие эксплуатационные и конструктивные факторы, например: наличие шумоизоляции кабины и турбонаддува двигателя, и, как было отмечено в пункте 1.1.1, точность оценки ситуации определяется, в

основном, опытом и квалификацией механизатора.

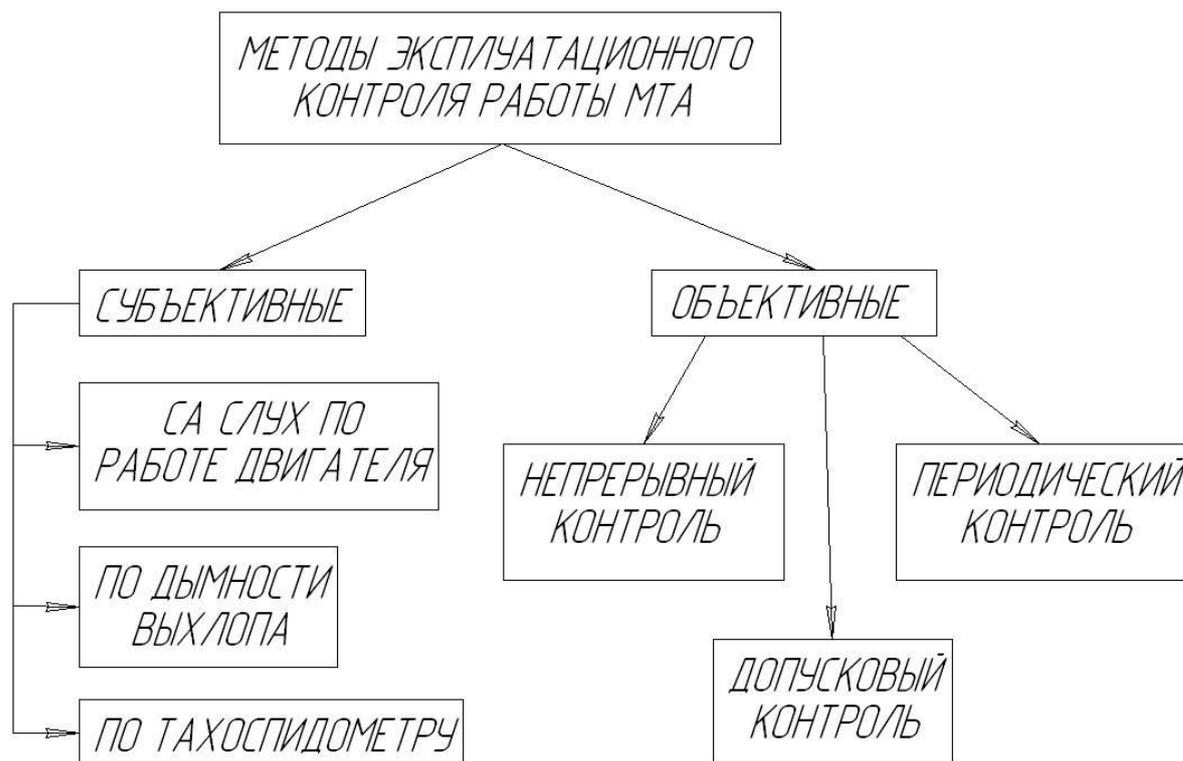


Рисунок 1.2 – Методы эксплуатационного контроля МТА

Объективные методы контроля подразделяются по его характеру на методы непрерывного действия, периодического и допускового [75, 76]. Метод непрерывного контроля позволяет получать текущую информацию о контролируемом параметре. Метод периодического контроля только через определенные интервалы времени 3–5 сек [77] и используется в основном в системах допускового контроля и информирует механизатора о нахождении контролируемого параметра в установленных пределах или выходе из них. Информация о режиме работы обычно представляется в виде световых сигналов: желтый – недогрузка, красный – перегрузка, зеленый – норма или звуковых.

Для определения эффективности эксплуатации в качестве оценочных критериев чаще всего используются: эффективная мощность двигателя и расход топлива.

На рис. 1.3 представлена краткая классификация способов и технических средств контроля эффективной мощности двигателя, которые условно можно разделить на способы прямого контроля и косвенного.

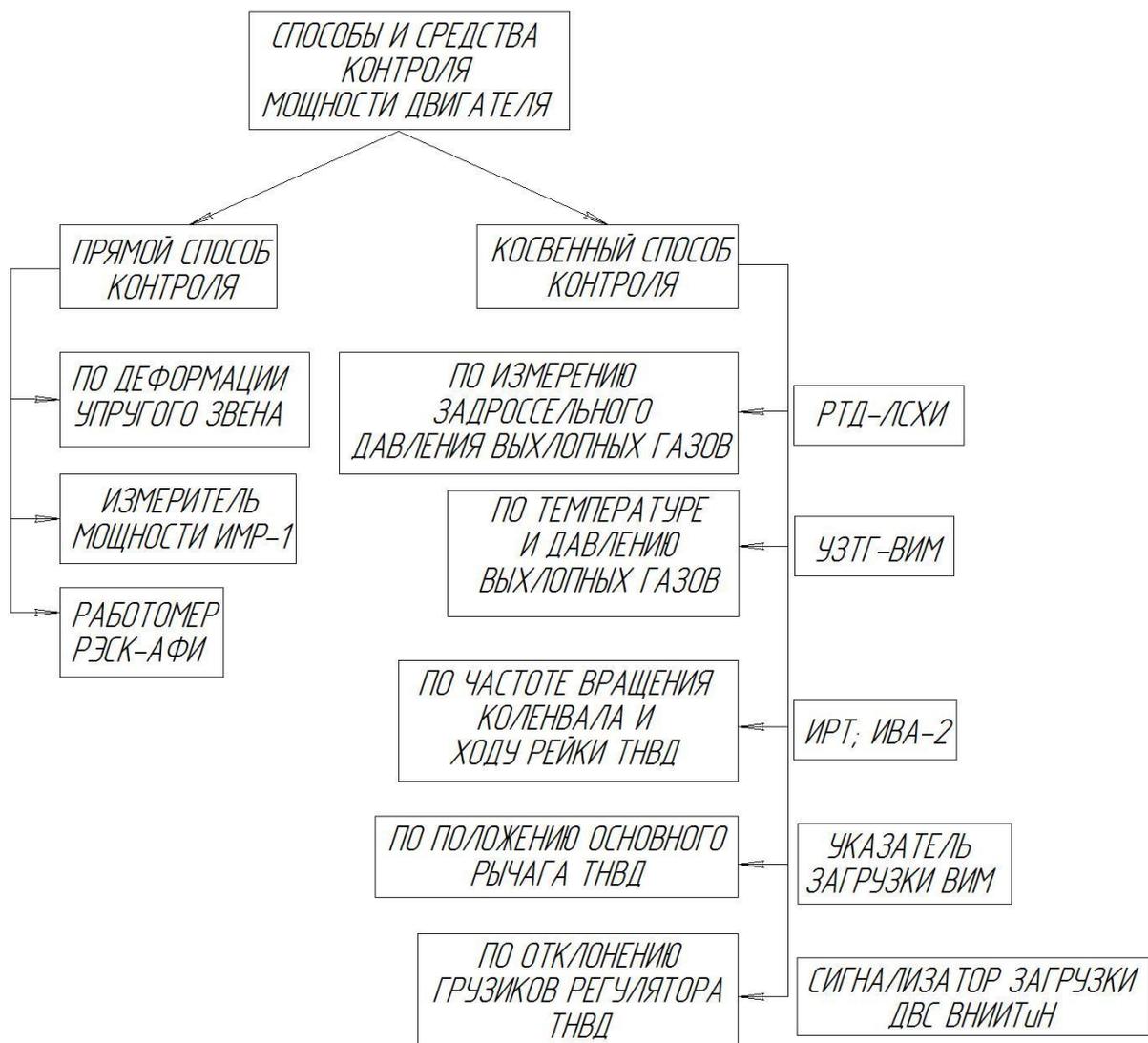


Рисунок – 1.3 Классификация способов и средств контроля мощности ДВС

Прямой способ измерения мощности двигателя основан на деформации упругого звена (по деформации динамометрического вала; по величине реактивного момента в опорах двигателя; по углу закручивания торсионного вала). К системам данного типа относятся: измеритель мощности ИМР-1 Рязанской СГА [78, 79] и работомер РЭСК-АФИ [80]. Принцип действия ИМР-1 основан на интегрировании частоты вращения коленчатого вала двигателя и деформации упругого звена в трансмиссии трактора. Показания работомера РЭСК-АФИ основываются на деформации торсионного вала, установленного между муфтой сцепления и коробкой передач. Общим недостатком данных систем является сложность интегрирования в конструкцию трактора и низкая надежность.

Косвенные способы измерения мощности основываются на измерении задрессельного давления газов в цилиндрах двигателя [81], которое прямо пропорционально развиваемому крутящему моменту двигателя. К данным системам относится работомер конструкции ЛСХИ-РТД.

Для контроля температуры и давлению выхлопных газов, служит указатель загрузки с термопреобразователем конструкции УЗТГ-ВИМ [82].

По ходу рейки топливного насоса и оборотов коленчатого вала двигателя [83–85] мощность измеряется системами ИРТ и ИВА-2 [86].

По положению основного рычага регулятора ТНВД мощность измеряется указателем загрузки двигателя конструкции ВИМ.

По углу отклонения грузиков регулятора ТНВД и частоте вращения коленчатого вала двигателя, мощность измеряется с помощью сигнализатора, разработанного в ВИИТиН (г. Тамбов) [87, 88].

Вышеперечисленные технические средства, в основном, просты по устройству, надежны в эксплуатации, но не обеспечивают достаточную точность и не отвечают условиям универсальности.

Способы измерения расхода топлива (рис. 1.4) также можно разделить на способы прямого и косвенного измерения.

При прямом способе измерения расхода топлива используются расходомеры следующих конструкций:

- поршневые ДРГ и РГА конструкции ЛСХИ;
- импульсно-поршневые РПЭ-2 конструкции НАТИ и ИП-60М конструкции КубНИИТиМА;
- роторно-объемные типа DFM и РО-5(10);
- ультразвуковые, такие, как ТС Сенсор УЗИ-0,8 [89];
- комбинированные расходомеры, сочетающие в себе положительные качества различных конструкций [90, 91], такие, как тахометрический преобразователь массового расходомера ТРД-500 и ПОРТ-1WB/R.

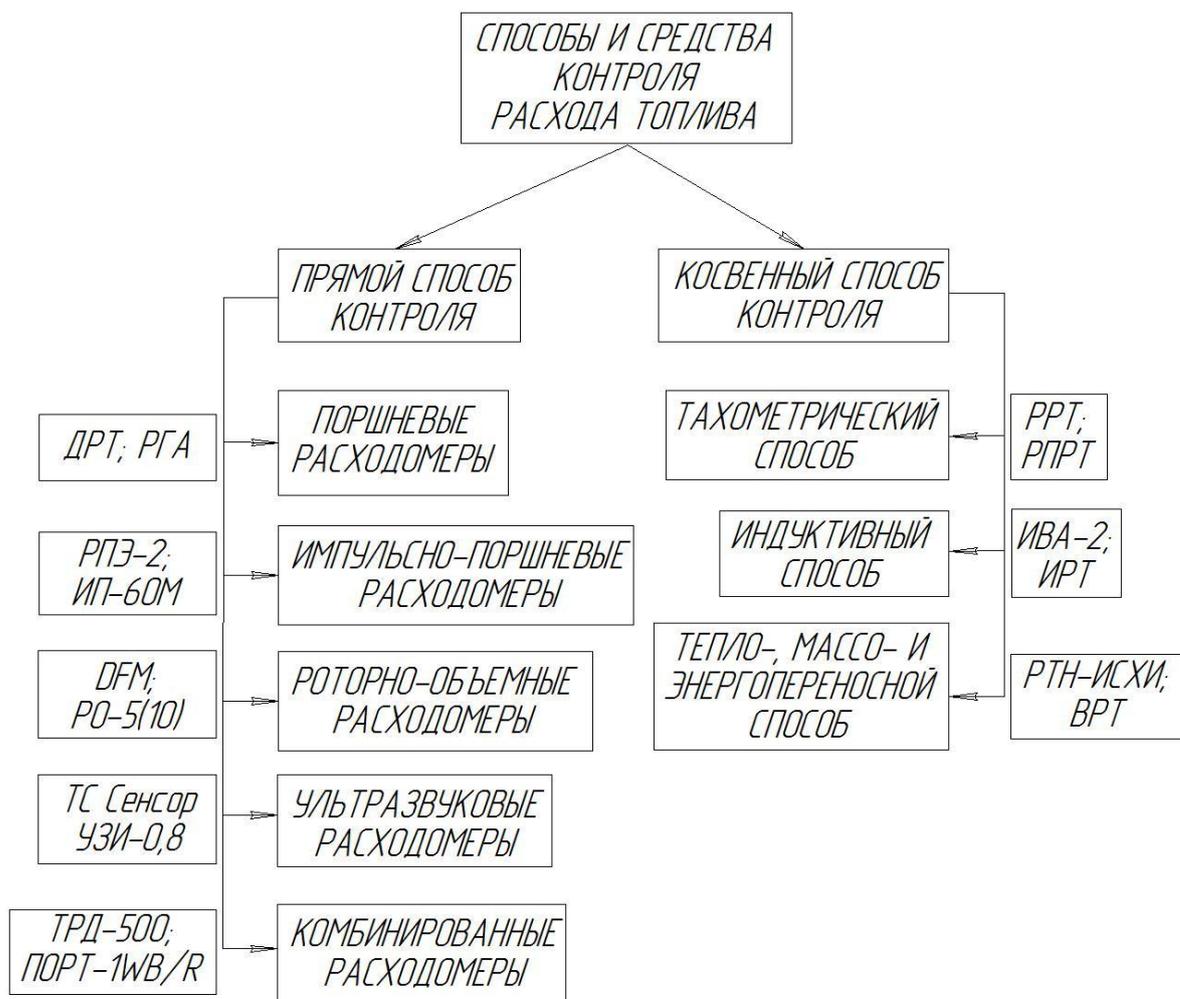


Рисунок – 1.4 Классификация способов и средств контроля расхода топлива

Наиболее перспективными расходомерами в настоящее время считаются ультразвуковые и комбинированные, так как их установка не связана с изменением конструкции системы питания двигателя [92].

Косвенные способы измерения осуществляются следующими расходомерами:

- тахометрическими типа РРТ и РПРТ, уровень выходного сигнала которых пропорционален частоте вращения ротора, которая определяется объемом проходящего топлива за единицу времени [93];

- индуктивными работа которых основывается на определении вылета рейки топливного насоса и оборотов двигателя. Данные расходомеры являются элементом систем определения мощности двигателя ИРТ и ИВА-2;

- расходомерами РТН-ИСХИ и ВРТ, работа которых основана на тепло-, массо- и энергопереносе.

В результате проведенного анализа способов и технических средств контроля мощности двигателя и расхода топлива можно сделать следующие выводы: вышеперечисленные системы не отвечают требованиям длительной работы при рядовой эксплуатации МТА, так как не обеспечивают достаточную точность измерения, имеют низкую надежность и высокую стоимость. Кроме того, они способны решать отдельную конкретную задачу – определение расхода топлива или мощности двигателя, тогда как основной задачей эксплуатации МТА является определение оптимального режима работы.

Стремительное развитие электроники и в первую очередь микропроцессорных систем позволило успешно решить нерешаемые ранее задачи. В настоящее время ведущие тракторостроительные фирмы, такие, как AGCO-RM, John Deere, Bosch и многие другие успешно используют микропроцессорные устройства для контроля за работой не только узлов и агрегатов трактора, но и МТА в целом [94, 95, 100]. На базе микропроцессорных систем зарубежные тракторные фирмы, проводят интенсивную работу по созданию встроенных бортовых систем контроля, которые являются неотъемлемой частью конструкции трактора. К сожалению, в связи с известными экономическими потрясениями отечественное тракторостроение не только уступило свои позиции, но и оказалось в стороне от работ по созданию систем, предназначенных контролировать параметры работы трактора.

Встроенные бортовые системы обеспечивают контроль за работой не только отдельных агрегатов, но и всего трактора, а также проводят диагностику и сигнализируют о неисправностях [95–100]. Полученная информация отображается на экране дисплея, а также хранится в памяти определенное время. Более продвинутые системы, кроме выдачи визуальной информации, способны выдавать ее в звуковом или голосовом виде и извещать механизатора о возникновении нештатных ситуаций [98–101]. Так, концерн Rockwell Automation Int выпускает системы Trip Moster Plus,

которые регистрирует частоту вращения коленчатого вала двигателя, температуру и давление масла, текущий общий расход топлива, производительность, скорость движения и многое другое, а также выполняет функции хранения данных [99].

Бортовая система фирмы Daimler-Benz – on-board rechner контролирует порядка 70 параметров технического состояния узлов и агрегатов машины и выводит их на дисплей, а также сохраняет в памяти системы. Кроме этого, система выдает рекомендации оператору по выбору скоростного и нагрузочного режимов работы [96].

Аналогичные системы используются на тракторной технике многих крупных фирм. В настоящее время самые разнообразные системы основываются на одной стандартной платформе, с одинаковой структурой, различаясь по количеству элементов и алгоритму работы. Это привело к унификации систем, упрощению конструкции и значительному расширению их возможностей. Несмотря на разнообразие имеющихся систем контроля, выпускаемых зарубежными фирмами, их применение на отечественной технике, а также копирование является проблематичным, в связи с низким уровнем ее надежности, недостаточным уровнем материального оснащения сервисных станций, низкой квалификацией обслуживающего персонала и механизаторов, а также спецификой отечественного сельскохозяйственного производства [92, 93, 101].

Эффективность эксплуатации МТА определяется не только степенью информированности механизатора, но и уровнем реализации оптимальных значений контролируемых эксплуатационных параметров, относящихся к различным техническим системам, в том числе и агрегируемой машины. Различные технические системы в настоящее время связаны между собой основным звеном – человеком, выполняющим функцию оператора. Деятельность оператора заключается в приеме информации, ее анализе, принятии и реализации решения [92]. При этом все вышеперечисленные операции должны проводиться в ограниченное время, что приводит к

утомляемости механизатора в связи с высоким психологическим напряжением [103, 104]. Результатом утомляемости механизатора является значительное количество отказов дорогостоящей техники [92, 106]. Следовательно, при работе трактора в составе МТА, оснащенного современными информационными системами, механизатор должен пройти специальную подготовку и иметь психологическую устойчивость. Последнее в условиях старения кадров механизаторов и отсутствия государственной системы подготовки кадров является существенным тормозом в грамотной эксплуатации дорогостоящей импортной техники. Кроме того, информационные системы, используемые на зарубежных тракторах неприемлемы для отечественной техники, так как они являются неотъемлемой частью конструкции трактора и имеют стоимость, соизмеримую со стоимостью отечественных машин.

Анализ вышеприведенных факторов показывает, что они не только оказывают существенное влияние на эксплуатационные показатели МТА, но и определенным образом связаны между собой. Так экономические потрясения в стране привели к оттоку из села наиболее активной и трудоспособной части населения в возрасте 25–45 лет. В результате чего образовался демографический провал и дефицит кадров, занятых в аграрном секторе, наибольшие потери при этом приходятся на механизаторов. Дефицит кадров механизаторов и отсутствие конкуренции не способствует повышению их квалификации, а старение сопровождается, снижением работоспособности и нежеланием освоения новой техники. Все это естественно отражается на техническом состоянии тракторного парка и грамотном комплектовании МТА и выборе эффективного режима их эксплуатации, а в конечном свете снижением эффективности производства в целом.

В связи с тем, что социально-кадровые факторы, также как состояние тракторного парка имеют определенную инерционность и для их изменения требуется время, одним из направлений повышения эффективности

использования МТА является использование технических средств для выбора эксплуатационного режима работы МТА.

В настоящее время, в АПК России, рынок данных технических средств практически отсутствует. Зарубежные разработки неприемлемы для нашей техники, так как они являются неотъемлемой частью трактора, имеют высокую стоимость, а их эксплуатация требует от механизатора специальной подготовки и приводит к его утомляемости, в связи с высокой психологической нагрузкой. Следовательно, необходимы технические средства контроля эксплуатационных показателей МТА соответствующие отечественной тракторной технике, условиям ее эксплуатации, уровню квалификации механизаторов. Таким образом технические средства должны отвечать следующим требованиям:

- автономность;
- установка системы не требует внесения изменений в конструкцию трактора;
- простота управления, не требующая специальных знаний и навыков;
- простота конструкции и эксплуатации;
- система регистрирует и отображает на экране основные эксплуатационные показатели МТА;
- высокая надежность;
- приемлемая стоимость.

Вышеперечисленные требования были реализованы в информационной системе ИС-1 (патент № 2560210), которая предназначена для регистрации основных эксплуатационных показателей МТА и выбора эффективного режима МТА.

Информационная система регистрирует и отображает на экране монитора, как в числовом, так и в графическом виде, в режиме реального времени основные эксплуатационные показатели МТА: обороты коленчатого вала двигателя, рабочую скорость агрегата, часовой расход топлива двигателя, общий расход топлива двигателя с момента его запуска, рабочий

расход топлива под нагрузкой, погектарный расход топлива, объем выполненной работы, пройденный путь. По желанию механизатора информация на мониторе может отображаться в полном объеме или частично. Вся информация о работе МТА хранится в памяти системы и может выдаваться как итоговая за требуемый период времени.

Выводы по разделу

1 Реализация потенциальных возможностей энергонасыщенной тракторной техники возможна только при условии выбора оптимальных режимов работы в конкретных условиях эксплуатации.

2 Выбор оптимального режима работы трактора невозможен без получения оперативной информации об эксплуатационных показателях МТА.

3 Задачу получения оперативной информации об эксплуатационных показателях МТА можно решить за счет введения оперативного приборного контроля.

4 Существующие отечественные системы контроля эксплуатационных показателей МТА неэффективны из-за низкой надежности и точности показаний, не универсальны и направлены на решение отдельных конкретных задач.

5 Зарубежные системы неприменимы для отечественной техники, так как они являются неотъемлемой частью конструкции трактора, имеют высокую стоимость и эксплуатационные затраты. Эксплуатация этих систем требует от механизатора специальной подготовки, а в связи со значительным потоком информации (свыше 70 параметров, отображаемых на экране дисплея) – психологической устойчивости.

6 Разработка новых средств технического контроля эксплуатационных показателей МТА и представление информации для выбора оптимального режима работы, без психологического прессинга на механизатора, является в настоящее время наиболее важным направлением в повышении эффективности АПК.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МТА В СООТВЕТСТВИИ С ВЫБРАННЫМ КРИТЕРИЕМ

Современные сельскохозяйственные МТА не в полной мере соответствуют эффективному функционированию при постоянно меняющихся условиях эксплуатации. Эффективность эксплуатации МТА зависит от целого ряда факторов: природно-климатических, погодных, организационно-технических, технико-экономических и т.д. В свою очередь показателями эффективности могут быть: рабочая скорость, производительность, часовой расход топлива, качество выполнения операции, расход топлива на единицу произведенной продукции или выполненной работы. Однако выполнение сельскохозяйственных операций производится в рамках, агротехнических требований, которые накладывают определенные ограничения на рабочую скорость, тяговое усилие на крюке трактора, которое определяется шириной захвата агрегируемой машины и рабочей скоростью, величиной буксования, качеством выполнения операции и т. д. Эти условия не дают возможности использовать потенциальные возможности трактора и агрегата, и выполнять сельскохозяйственные операции в наиболее экономичном режиме. В зависимости от вида сельскохозяйственной операции, состояния почвы, ширины захвата агрегата, динамических нагрузок и т. д. недоиспользование мощности двигателя достигает 20 %, а перерасход топлива 15 % [107–110]. Проблема энергоэффективности еще более актуальна в связи с непрерывно возрастающим диспаритетом цен на энергоносители и продукцию сельскохозяйственного производства. В сложившихся экономических условиях, по мнению ряда исследователей, [107, 110] целесообразно использовать обобщенный показатель эффективности эксплуатации МТА которым является погектарный расход топлива. Погектарный расход топлива характеризует эффективность не отдельных звеньев агрегата (трактор,

сцепка, с.-х. машина), а их совокупность.

Погектарный расход топлива $G_{га}$ (л/га или кг/га), который определяется следующим выражением [1, 107].

$$G_{га} = G_{ч}/W_{ч}. \quad (2.1)$$

где $W_{ч}$ – часовая производительность агрегата, [га/час]; $G_{ч}$ – часовой расход топлива, л/ч или кг/ч.

В этом случае критерием эффективности эксплуатации МТА является: $G_{га} \rightarrow \min$ который возможен в том случае, если

$$\begin{cases} G_{ч} \rightarrow \min \\ W_{ч} \rightarrow \max \end{cases} \quad (2.2)$$

Следовательно, для выбора эффективного режима работы МТА, необходимо в режиме реального времени, измерять и регистрировать расход топлива и часовую производительность МТА. Для этого проведем анализ составляющих выражения (2.1) с целью обоснования эксплуатационных факторов определяющих топливную экономичность МТА.

2.1 Анализ факторов определяющих часовой расход топлива

Часовой расход топлива $G_{ч}$ можно определить двумя способами:

- через положение рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД) и обороты двигателя;
- через эффективную мощность двигателя N_e необходимую для выполнения конкретной сельскохозяйственной операции.

2.1.1 Определение часового расхода топлива по положению рейки топливного насоса и оборотам двигателя

В этом случае часовой расход топлива определяется как $G_{ч} = f(n_{дв}, l_p)$, где $n_{дв}$ – обороты коленчатого вала двигателя; l_p – вылет рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД).

Вылет рейки – определяет цикловую подачу плунжерной пары $V_{ц}$ (рис. 2.1) и выражение по определению часового расхода топлива может быть представлена в следующем виде $G_{ч} = f(V_{ц}, Z_{ц}, n_{дв})$, где $Z_{ц}$ – число плунжерных пар ТНВД; $V_{ц}$ – цикловая подача плунжерной пары ТНВД.

Изменение часового расхода топлива в зависимости от оборотов двигателя и положения рейки ТНВД представлено на рисунке 2.2.

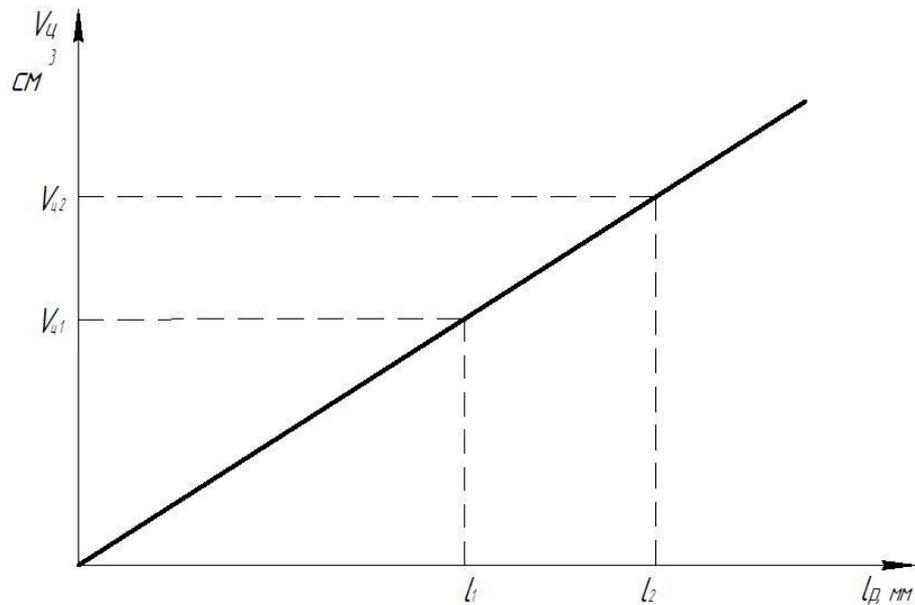


Рисунок 2.1 – Изменение цикловой подачи от вылета рейки ТНВД

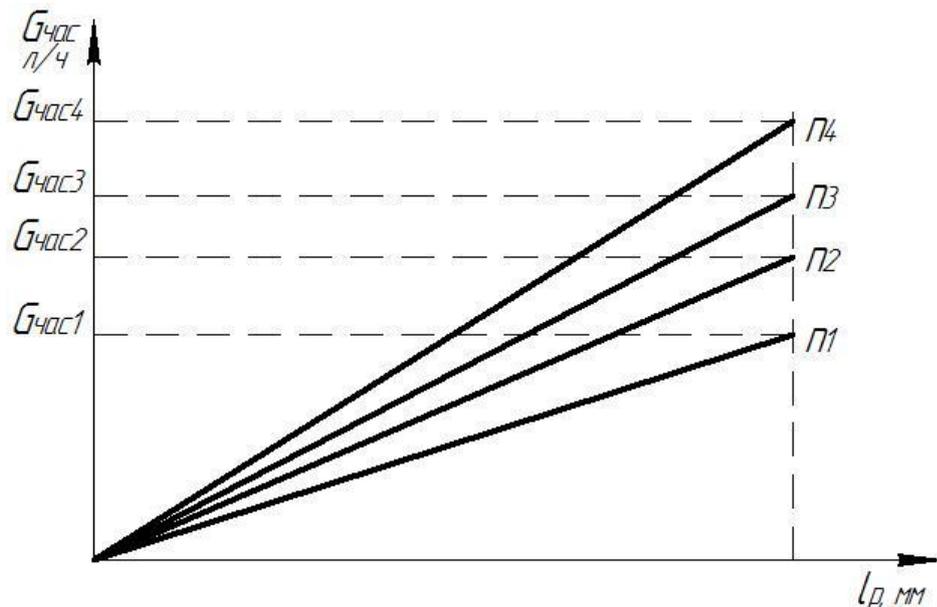


Рисунок 2.2 – Изменение часового расхода топлива в зависимости от оборотов двигателя и положения рейки ТНВД

$$n_1 < n_2 < n_3 < n_4.$$

С учетом вышеизложенного выражение по определению часового расхода топлива принимает следующий вид.

$$G_{\text{ч}} = \frac{l_p \Delta V_{\text{ц}} Z_{\text{ц}} n_{\text{дв}}}{30}, \quad (2.3)$$

где $\Delta V_{\text{ц}}$ – цикловая подача на единицу длины вылета рейки.

$$\text{Примем} \quad \Delta V_{\text{ц}} Z_{\text{ц}} = \text{const} = K_{\text{дв}}, \quad (2.4)$$

где $K_{\text{дв}}$ – обобщенный показатель, учитывающий конструктивные и индивидуальные особенности двигателя и ТНВД.

$$\text{Следовательно} \quad G_{\text{ч}} = \frac{l_p K_{\text{дв}} n_{\text{дв}}}{30}. \quad (2.5)$$

2.1.2 Определение расхода топлива через эффективную мощность двигателя

В этом случае часовой расход топлива определяется следующим выражением.

$$G_{\text{ч}} = \frac{N_e g_e}{10^3}, \quad (2.6)$$

где g_e – удельный расход топлива; N_e – эффективная мощность двигателя.

$$N_e = \frac{P_{\text{кр}} V_p}{3,6 \eta_o}, \quad (2.7)$$

$$G_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{кр}} V_p g_e}{3,6 \eta_o 10^3}, \quad (2.8)$$

где $P_{\text{кр}}$ – сила тяги на крюке; V_p – рабочая скорость агрегата; η_o – тяговый КПД трактора.

$$V_p = \frac{0,377 n_{\text{дв}} r_{\text{т}}}{i_{\text{тр}}} \eta_{\delta}, \quad (2.9)$$

где $n_{\text{дв}}$ – обороты двигателя; $r_{\text{т}}$ – теоретический радиус колеса; $i_{\text{тр}}$ – передаточное отношение трансмиссии; η_{δ} – КПД буксования.

В развернутом виде выражение 2.6 принимает следующий вид.

$$G_{\text{ч}} = \frac{0,377 P_{\text{кр}} n_{\text{дв}} r_{\text{т}} g_e}{3,6 \eta_o i_{\text{тр}}} \eta_{\delta}. \quad (2.10)$$

2.2 Определение часовой производительности агрегата

Часовая производительность агрегата $W_{\text{ч}}$ исходя из крюковой мощности $N_{\text{кр}}$ описывается следующими известными выражениями [1].

$$W_{\text{ч}} = 0,36 \frac{N_{\text{кр}}}{K_{\text{у}}} \eta_{\text{и}} \beta \tau_{\text{и}}, \quad (2.11)$$

где $N_{\text{кр}}$ – крюковая мощность необходимая для выполнения сельскохозяйственной операции; $\eta_{\text{и}}$ – коэффициент использования силы тяги на крюке; $K_{\text{у}}$ – удельное сопротивление агрегата; β – коэффициент использования ширины захвата агрегата; $\tau_{\text{и}}$ – коэффициент использования времени смены.

$$\eta_{\text{и}} = \frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{крн}}}, \quad (2.12)$$

где $P_{\text{с}}$ – сила сопротивления агрегата; $P_{\text{крн}}$ – номинальная сила тяги трактора на данной передаче.

$$K_{\text{у}} = \frac{P_{\text{с}}}{B}, \quad (2.13)$$

где B – ширина захвата агрегата.

Крюковая мощность определяется из следующего выражения.

$$N_{\text{кр}} = P_{\text{кр}} V_{\text{р}}, \quad (2.14)$$

где $V_{\text{р}}$ – рабочая скорость движения агрегата; $P_{\text{кр}}$ – фактическая сила тяги на крюке, $P_{\text{кр}} = P_{\text{с}}$.

Увеличение крюковой мощности $N_{\text{кр}}$ и производительности возможно только через увеличение скорости движения МТА. Однако при увеличении скорости движения возрастает сила сопротивления агрегата, а, следовательно, сила тяги на крюке и величина буксования (рис. 2.3), которая имеет нелинейную зависимость. Поэтому увеличение скорости движения агрегата неоднозначно сказывается на его производительности. Выполнение сельскохозяйственных операций, в основном происходит при номинальной частоте вращения к/в двигателя, при этом у двигателя имеется определенный запас по оборотам. Увеличение частоты вращения к/в двигателя выше номинальной эффективно в том случае, когда увеличение производительности агрегата опережает ее снижение от буксования.

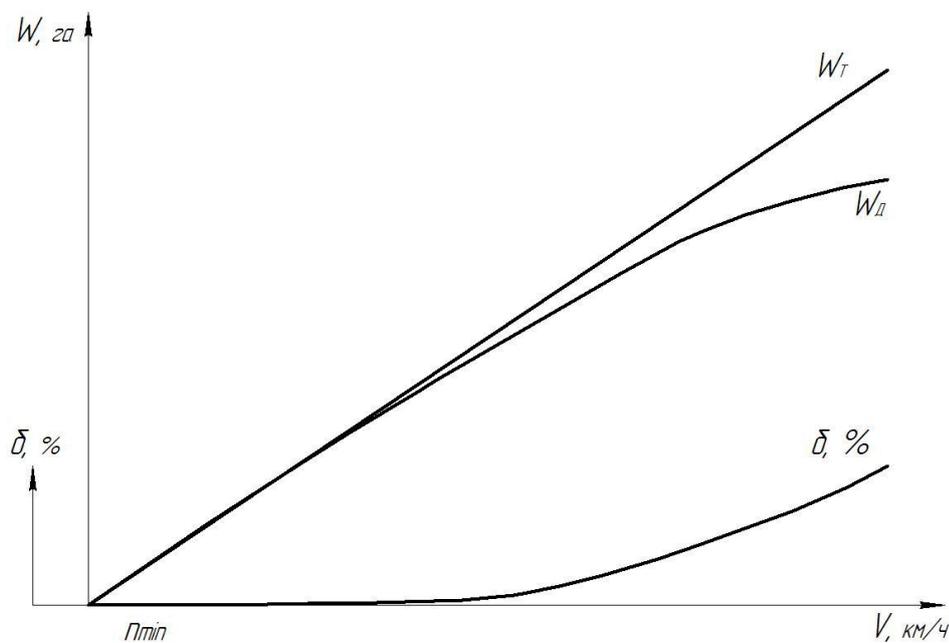


Рисунок – 2.3 Зависимость производительности агрегата от его скорости движения

Допустимая величина увеличения частоты вращения к/в двигателя определяется коэффициентом коррекции.

$$K_k = \frac{n_d}{n_n}, \quad (2.15)$$

где n_d – действительная частоты вращения к/в двигателя; n_n – номинальная частоты вращения к/в двигателя.

Таким образом выражение (2.11) принимает следующий вид.

$$W_q = 0,36 \frac{N_{кр} K_k}{K_y} \eta_i \beta \tau_i. \quad (2.16)$$

Часовую производительность агрегата также можно определить из следующего выражения [1].

$$W_q = B_p V_p K_w, \quad (2.17)$$

где K_w – коэффициент приведения размерности [га/час].

$$\text{Следовательно} \quad W_q = \frac{0,377 n_{дв} r_p B_p K_w}{i_{тр}}. \quad (2.18)$$

где r_p – рабочий радиус колеса.

2.3 Определение погектарного расхода топлива и анализ полученных выражений

По вылету рейки ТНВД на основании выражений (2.1), (2.5) и (2.17) получены аналитические зависимости, определение погектарного расхода топлива $G'_{га}$ по вылету рейки топливного насоса.

$$G'_{га} = \frac{l_p K_{дв} i_{тр}}{0,377 r_p B_p K_w 30}, \quad (2.19)$$

Анализ данного выражения показывает, что в нем присутствует неуправляемый неопределенный фактор l_p величина которого зависит от мощности развиваемой двигателем и его оборотов. Следовательно, дальнейший анализ выражения теряет смысл.

По эффективной мощности.

$$G''_{га} = \frac{P_{кр} g_e}{3,6 \eta_\delta \eta_o B_p K_w}, \quad (2.20)$$

Проведем анализ составляющих данного выражения. Где $P_{кр}$ – сила тяги на крюке трактора которая предназначена для преодоления тягового сопротивления агрегируемой сельскохозяйственной машины. Тяговое сопротивление агрегируемой машины P_c , определяется ее шириной захвата B_p и удельным сопротивлением почвы K_y .

$$P_c = B_p \times K_y \quad (2.21)$$

Касательная сила тяги трактора определяется из следующего выражения.

$$P_k = \frac{M_{дв} \times i_{тр} \times \eta_{тр}}{r_p}, \quad (2.22)$$

где $M_{дв}$ – крутящий момент двигателя.

Условия движения МТА является следующее выражение.

$$P_k \geq P_{кр} \geq P_c, \quad (2.23)$$

Сила тяги на крюке трактора $P_{кр}$ определяется через касательную силу тяги, развиваемую двигателем и реализуемую через трансмиссию на его ведущих колесах.

$$P_{кр} = P_k - Gf, \quad (2.24)$$

где P_k – касательная сила тяги трактора; G – вес трактора; f – коэффициент сопротивления качению.

$$P_{кр} = \frac{M_{дв} i_{тр} \eta_{тр}}{r_k} - Gf, \quad (2.25)$$

Так как G и f в конкретных случаях эксплуатации можно принять за постоянные величины, то выражение (2.25) принимает следующий вид.

$$P_{кр} = \frac{K_{кр} M_{дв} i_{тр} \eta_{тр}}{r_p}, \quad (2.26)$$

где $K_{кр}$ – коэффициент использования касательной силы тяги.

$$K_{кр} = \frac{P_{кр}}{P_k}, \quad (2.27)$$

Величина крутящего момента двигателя $M_{дв}$ зависит от его мощности N_e и оборотов $n_{дв}$ и описывается известным выражением.

$$M_{дв} = \frac{N_e}{n_{дв}}, \quad (2.28)$$

то есть
$$M_{дв} = f\left(\frac{1}{n_{дв}}\right), \quad (2.29)$$

Графическая зависимость имеет следующий вид рисунок 2.4.

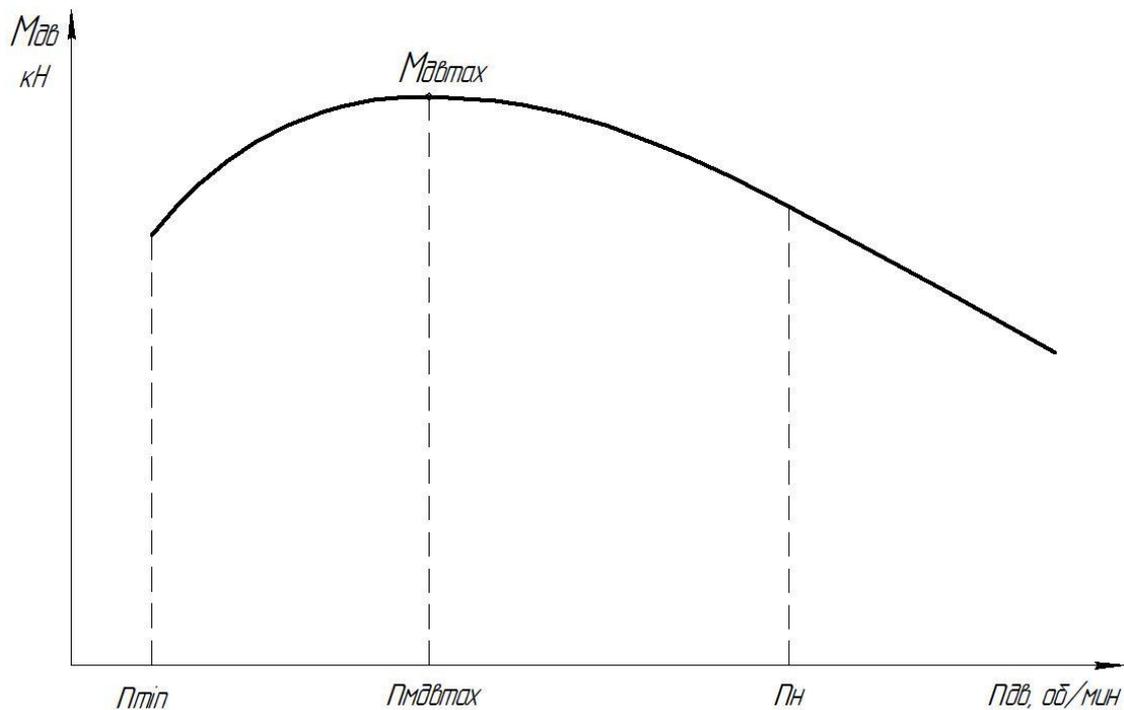


Рисунок 2.4 – Изменение крутящего момента двигателя от оборотов

Удельный расход топлива является переменной величиной, функционально зависящий от оборотов двигателя и определяется его регуляторной характеристикой и может быть представлен в виде графической зависимости (рис. 2.5).

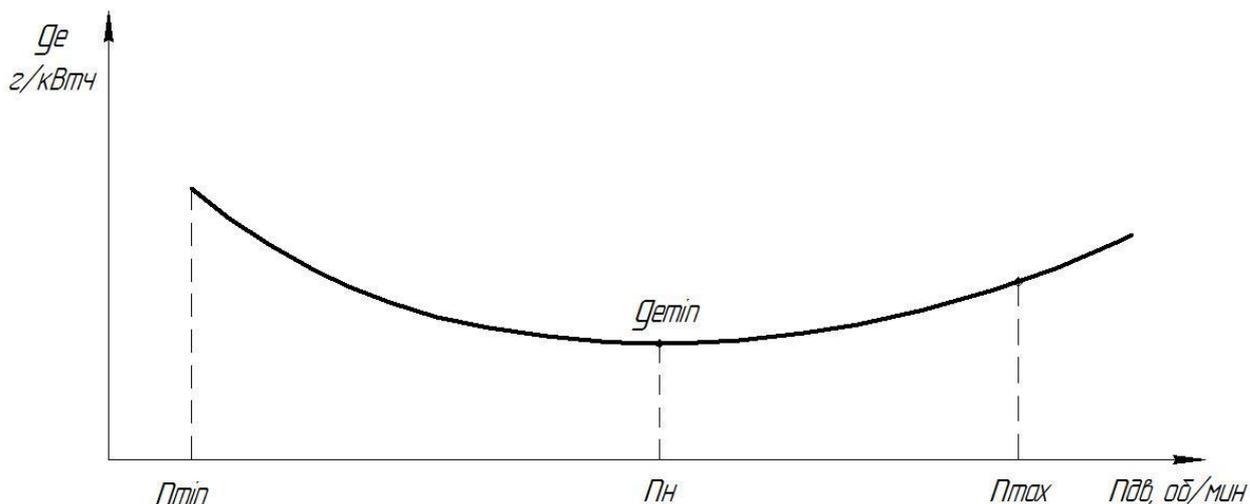


Рисунок 2.5 – Изменение удельного расхода топлива от оборотов двигателя

Таким образом, удельный расход топлива g_e и крутящий момент двигателя являются функцией независимой переменной величины оборотов двигателя $n_{дв}$, которые устанавливаются трактористом.

$$\begin{matrix} M_{дв} \rightarrow \\ g_e \rightarrow \end{matrix} f(n_{дв}),$$

при этом $M_{дв} = f(1/n_{дв})$, а $g_e = f(n_{дв})$.

В общем случае графическая зависимость крутящего момента двигателя $M_{дв}$ и удельного расхода топлива g_e в функции оборотов имеет следующий вид (рис. 2.6).

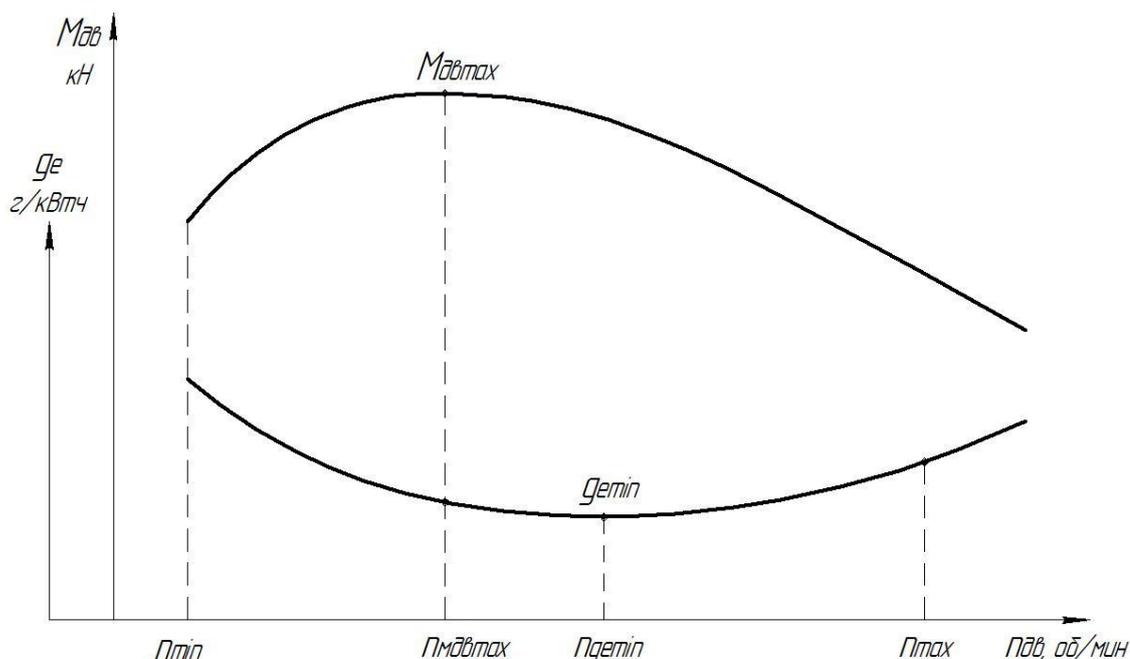


Рисунок 2.6 – Характер изменения $M_{дв}$ и g_e , в зависимости от оборотов двигателя

Анализ графической зависимости показывает, что максимальный крутящий момент двигателя $M_{двmax}$ и минимальный удельный расход топлива g_{emin} соответствуют различной частоте вращения коленчатого вала.

$$n_{Mmax} \neq n_{gemin}.$$

Обороты двигателя $n_{дв}$ и передаточное отношение трансмиссии $i_{тр}$ (рабочая передача КПП) устанавливаются трактористом в зависимости от реальных условий эксплуатации для создания необходимой силы тяги на крюке и требуемой агротехнической скорости.

Характер изменения силы тяги на крюке $P_{кр}$ в зависимости от оборотов двигателя $n_{дв}$ и передаточного числа трансмиссии $i_{тр}$ представлен на рисунке 2.7.

Где по оси X откладываются передаточные отношения трансмиссии $i_{тр1}, i_{тр2}, i_{тр3}$ и т.д., а на оси Y сила тяги на крюке трактора $P_{кр}$.

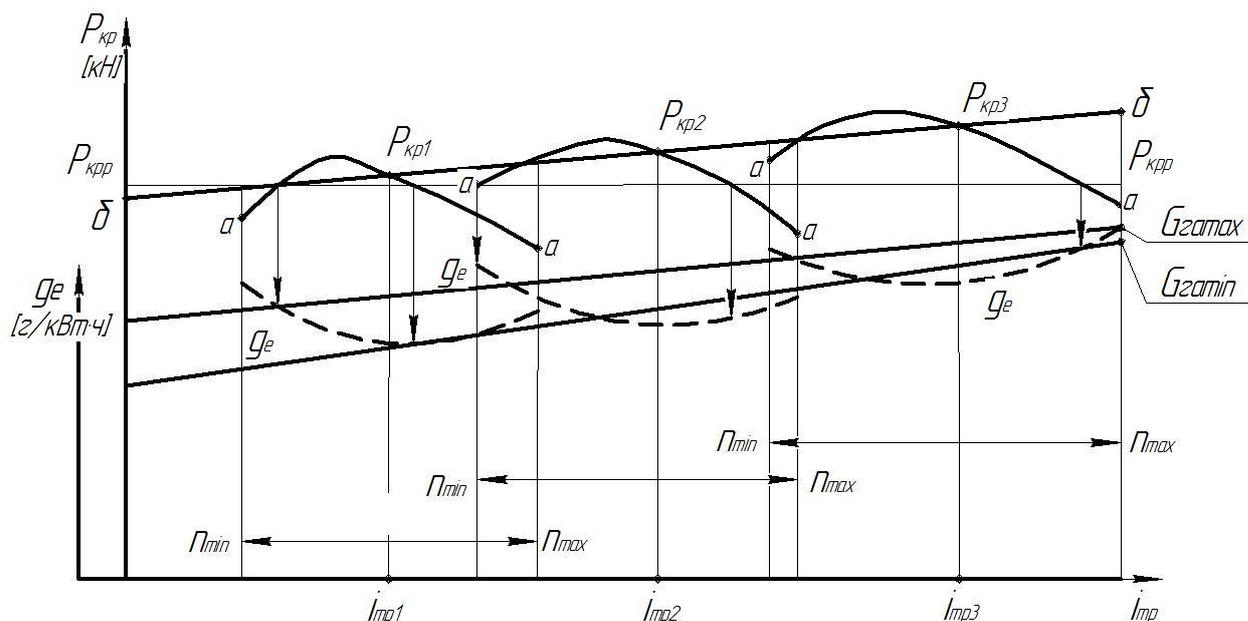


Рисунок 2.7 – Изменение силы тяги на крюке и удельного расхода топлива в зависимости от передаточного отношения трансмиссии и оборотов двигателя

Затем для каждой передачи при постоянном значении $i_{тр}$ в диапазоне рабочих оборотов строится график изменения силы тяги на крюке – а–а.

Линия б–б проходит через точку номинальной силы тяги на каждой передаче. Отложим на оси Y значения силы тяги на крюке необходимое для выполнения конкретной сельскохозяйственной операции $P_{крр}$ и из заданной

точки проведем линию параллельную оси X .

Как видно из графика требуемое значение крюковой силы можно получить при различных значениях передаточного отношения трансмиссии, то есть на разных передачах. Но при работе трактора при передаточном отношении $i_{тр1}$ или мы получим большую скорость, а следовательно, производительность и затратим большую мощность двигателя N_c и расход топлива, чем при работе с передаточным отношением $i_{тр2}$.

Следующим фактором, определяющим работу МТА является удельный расход топлива g_e .

Нанесем на график для каждой передачи изменение удельного расхода топлива от оборотов двигателя n_{min} и n_{max} и спроецируем точки пересечения $P_{ктр}$ с $P_{кр1}$ на графики удельного расхода топлива. В результате получаем существенно изменение удельного расхода топлива в зависимости от выбранной передачи.

Следовательно, вариацией таких факторов изменение передаточного числа трансмиссии и оборотов двигателя можно выбрать оптимальный экономический режим работы МТА.

Так как изменение крутящего момента двигателя $M_{дв}$ происходит по определенной нелинейной зависимости, то изменение силы тяги на крюке в пределах одной передачи будет происходить по аналогичной зависимости согласно выражению [25].

При изменении передаточных отношений трансмиссии $i_{тр}$, при постоянной частоте вращения коленчатого вала, также будет происходить изменение силы тяги на крюке по определённой зависимости, характер которой определяется законом формирования передаточных чисел трансмиссии.

КПД буксования η_δ зависит от реальных условий эксплуатации: состояния опорной поверхности, характера и величины силы тяги на крюке, рельефа местности характеризует потерю скорости движения агрегата в результате деформации шин и грунта. КПД буксования является переменной

величиной и определяется выражением (2.2) [111].

$$\eta_{\delta} = 1 \frac{r_T - r_p}{r_T}, \quad (2.30)$$

где r_T – теоретический или свободный радиус колеса; r_p – рабочий или действительный радиус колеса.

$$r_p = r_T - \Delta h, \quad (2.31)$$

где Δh – величина деформации шин.

Величина деформации шины зависит от нормальной реакции действующей на колесо Y_k и величины передаваемого крутящего момента $h = f(Y_k; M_{кр})$. Величина крутящего момента определяется силой тяги на крюке $P_{кр}$, а нормальная реакция – компоновкой трактора, величиной и характером крюковой силы. В статическом положении нормальные реакции по осям трактора определяются следующими выражениями (рис. 2.8).

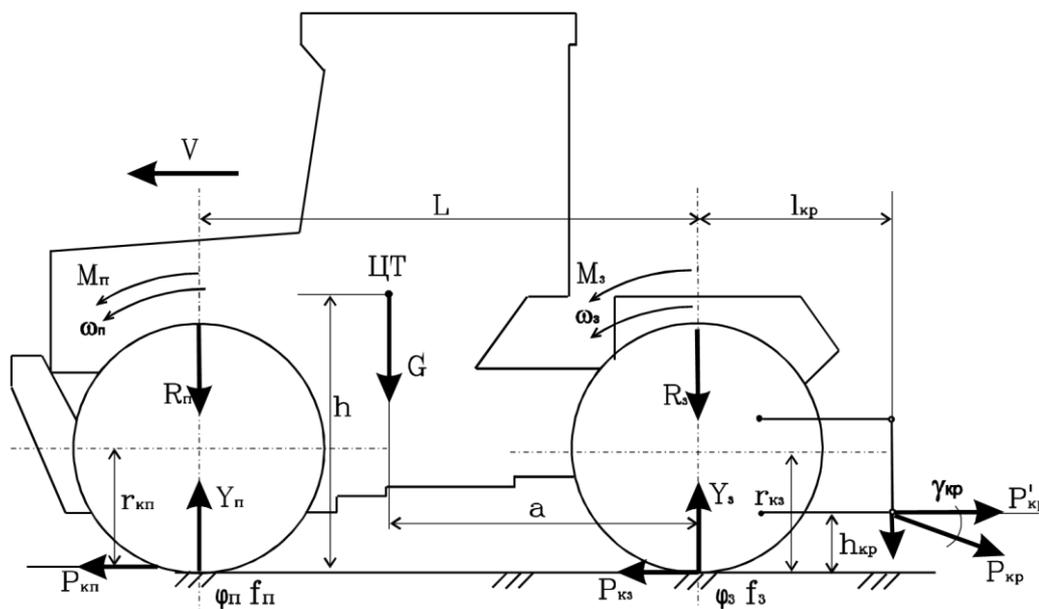


Рисунок 2.8 – Общий вид полноприводного трактора с шинами равного размера:

G – вес трактора; $Y_{п}$, $Y_{з}$ – нормальные реакции на колеса передней и задней осей соответственно; $P_{кп}$, $P_{кз}$ – касательная сила тяги передней и задней осей соответственно; $r_{кп}$, $r_{кз}$ – кинематические радиусы колес передней и задней осей; $M_{п}$, $M_{з}$ – ведущие моменты на колесах передней и задней осей; $\omega_{п}$, $\omega_{з}$ – угловая скорость колес передней и задней осей; L – продольная база трактора; a – продольная координата центра тяжести; h – вертикальная координата центра тяжести; $P_{кр}$ – сила тяги на крюке; $\gamma_{кр}$ – угол действия силы тяги на крюке; $h_{кр}$ – вертикальная координата силы тяги на крюке; $l_{кр}$ – продольная координата силы тяги на крюке; $f_{п}$, $f_{з}$ – коэффициент сопротивления качению передней и задней осей; $\varphi_{п}$, $\varphi_{з}$ – коэффициент

сцепления движителей с почвой передней и задней осей

$$Y_{\text{пст}} = \frac{Ga}{L}, \quad (2.32)$$

$$Y_{\text{кст}} = \frac{G(L-a)}{L}, \quad (2.33)$$

где $Y_{\text{пст}}$ – нормальная статическая реакция на колесах передней оси; $Y_{\text{кст}}$ – нормальная статическая реакция на колесах задней оси; G – вес трактора; L – база трактора; a – расстояние от центра тяжести трактора до оси задних колес.

При выполнении трактором сельскохозяйственных работ под действием силы тяги на крюке происходит перераспределение нормальных реакций.

$$Y_{\text{п}} = Y_{\text{пст}} - \frac{P_{\text{кр}}(\text{Sin}\gamma_{\text{кр}}l_{\text{кр}} + \text{Cos}\gamma_{\text{кр}}h_{\text{кр}})}{L}. \quad (2.34)$$

$$Y_{\text{к}} = Y_{\text{кст}} + \frac{P_{\text{кр}}[\text{Sin}\gamma_{\text{кр}}(L+l_{\text{кр}}) + \text{Cos}\gamma_{\text{кр}}h_{\text{кр}}]}{L}. \quad (2.35)$$

Характер перераспределения нормальных реакций по ведущим осям трактора под действием силы тяги на крюке представлен на рисунке 2.9.

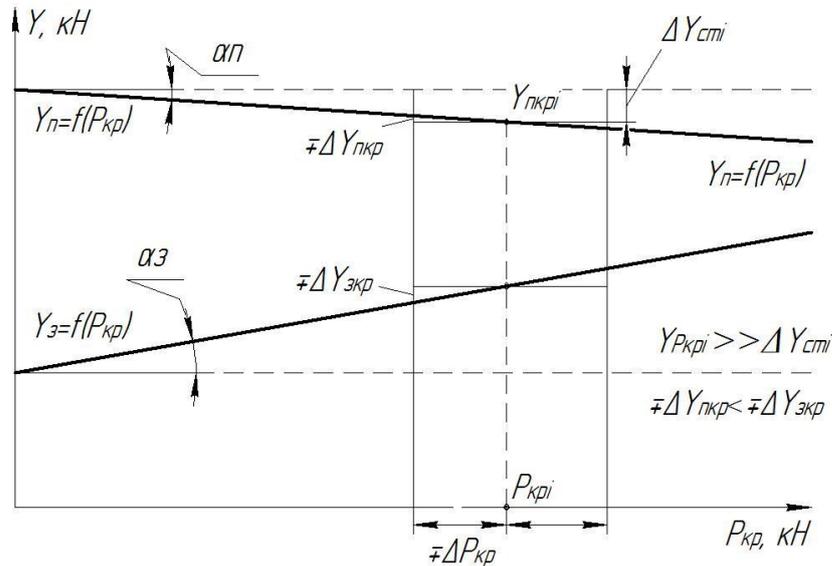


Рисунок 2.9 – Характер перераспределения нормальных реакций ведущих мостов от силы тяги на крюке

Таким образом, выражение (2.14) принимает следующий вид.

$$G''_{\text{га}} = \frac{M_{\text{дв}}i_{\text{тр}}\eta_{\text{тр}}geK_{\text{кр}}}{3,6r_{\text{т}}\eta_{\delta}\eta_{\text{o}}B_{\text{р}}K_{\text{w}}}, \quad (2.36)$$

В этом выражении $\eta_{\text{тр}}$, $r_{\text{т}}$, K_{w} , η_{o} , η_{δ} , $K_{\text{кр}}$ являются постоянными

величинами характерными для данного, конкретного случая эксплуатации. Следовательно, его можно представить в следующем виде.

$$G_{га}'' = K_a M_{дв} i_{тр} g_e, \quad (2.37)$$

где K_a – коэффициент индивидуальной характеристики агрегата.

$$K_a = \frac{\eta_{тр} K_{кр}}{3,6 r_{т} \eta_{\delta} \eta_o B_p K_w}. \quad (2.38)$$

В полученное выражение входит три переменных: $M_{дв}$, $i_{тр}$, g_e . При этом передаточное отношение трансмиссии $i_{тр}$ устанавливается механизатором в зависимости от конкретных условий эксплуатации, то есть является управляющим фактором. Крутящий момент двигателя $M_{дв}$ и удельный расход топлива g_e функционально зависят от его оборотов, которые также устанавливаются трактористом, то есть так же являются управляемым фактором.

$$\text{Следовательно} \quad G_{га}'' = f(n_{дв}, i_{тр}). \quad (2.39)$$

2.4 Расчетно-теоретическое обоснование эффективности МТА в зависимости от эксплуатационных режимов

В связи с тем, что выражение (2.36) не имеет единственного решения, для проверки его достоверность использовался расчетно-теоретический способ для конкретного МТА.

В качестве объекта исследования был выбран МТА состоящий из трактора К-701 с плугом ПЛН-8-35. Так как на тракторе К-701 могут устанавливаться два типа двигателей ЯМЗ-240БМ и ЯМЗ-238НД, то исследования проводились для каждого варианта.

Переменными факторами являлись:

- передаточные отношение трансмиссии $i_{тр}$, которые были взяты с технической характеристики трактора и являлись характерными для выполнения пахотных работ;

- обороты двигателя, которые определялись по его регуляторной

характеристике.

Так как в выражении (2.36) входят две переменные величины $M_{дв}$ и g_e , зависящие от оборотов двигателя $M_{дв} = f(n_{дв})$ и $g_e = f(n_{дв})$ при решении поставленной задачи вводилась вспомогательная функция.

$$M_{дв}g_e = f(n_{дв}) \quad (2.40)$$

Для этого, по регуляторным характеристикам двигателей, определялись аналитические зависимости.

$$\begin{cases} M_{дв} = f(n_{дв}) \\ g_e = f(n_{дв}) \end{cases} \quad (2.41)$$

На рисунках представлены графические зависимости искомых функций, которые описывают полиномами третьего порядка (рис. 2.10-2.12), пятого порядка (рис. 2.13-2.14) и первого порядка (рис. 2.15).

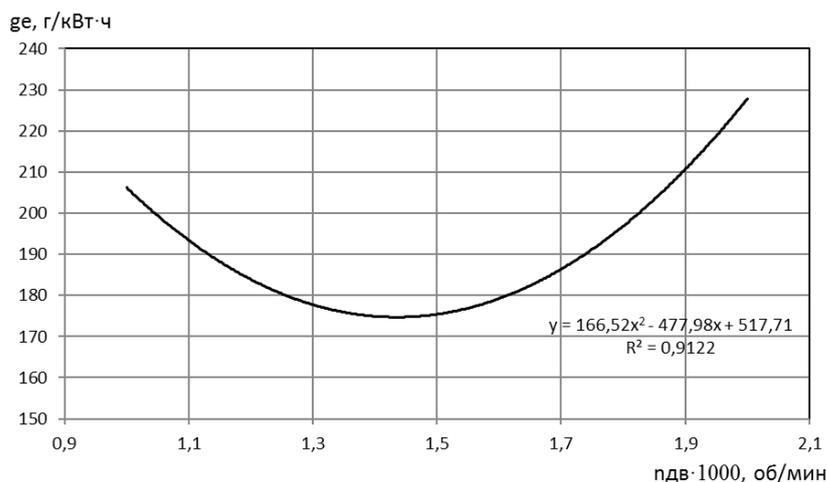


Рисунок 2.10 – Изменение удельного расхода топлива от оборотов двигателя ЯМЗ-240БМ

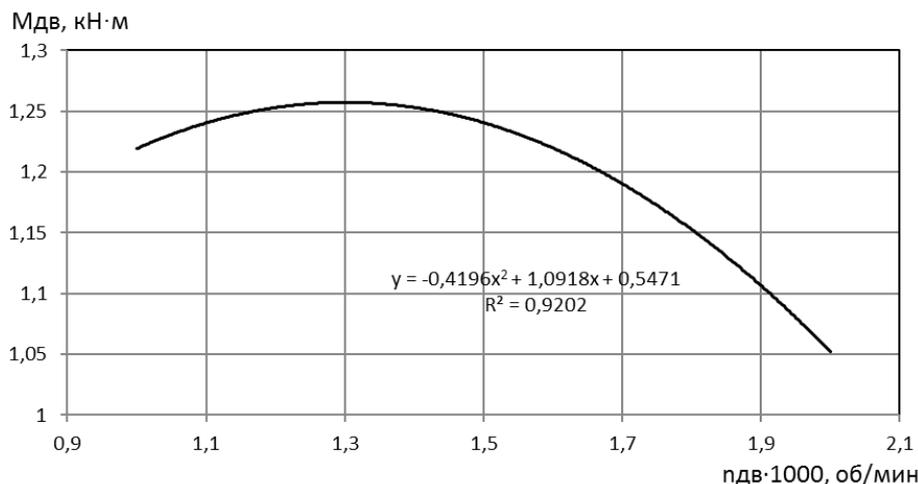


Рисунок 2.11 – Изменение крутящего момента от оборотов двигателя ЯМЗ-240БМ

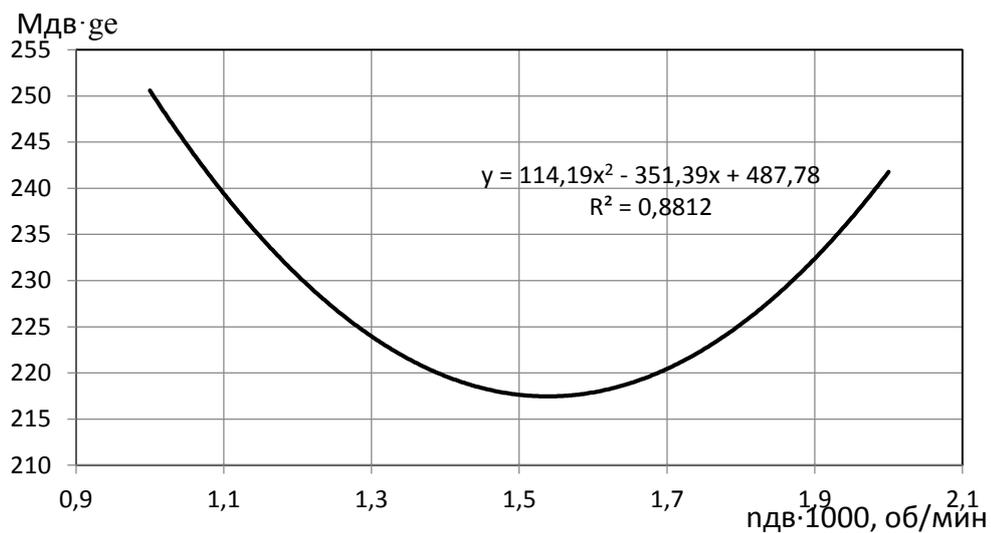


Рисунок 2.12 – График вспомогательной функции двигатель ЯМЗ-240БМ

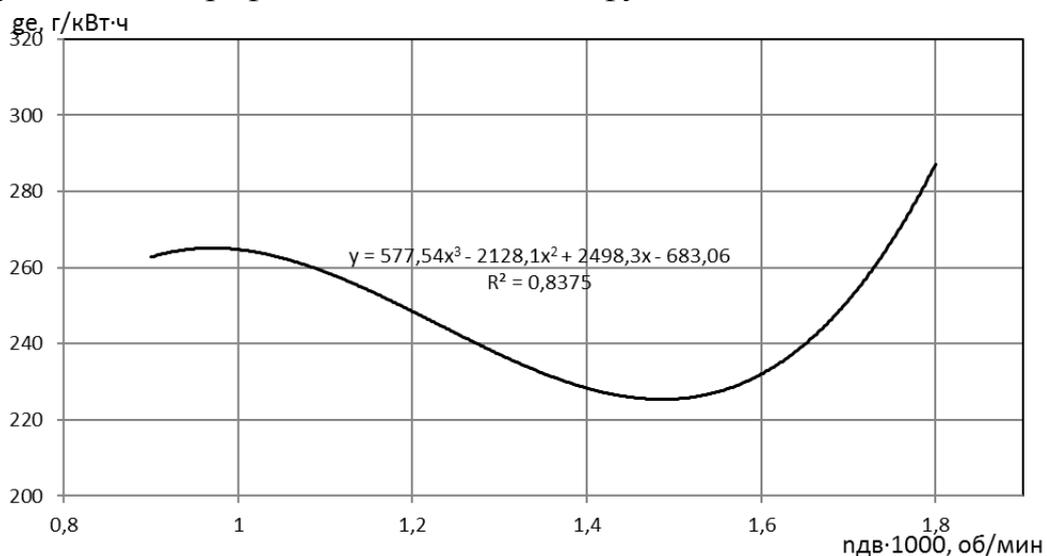


Рисунок 2.13 – Изменение удельного расхода топлива от оборотов двигателя ЯМЗ-238НД

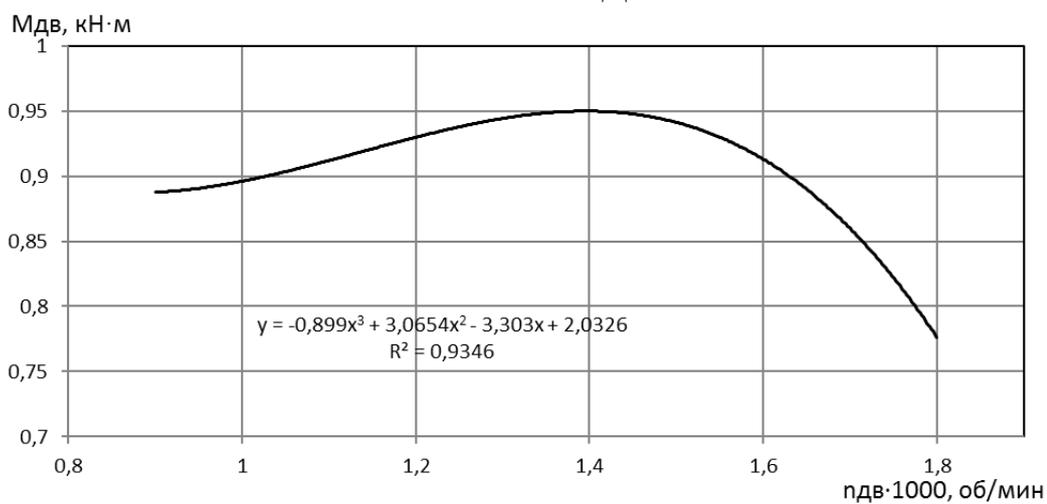


Рисунок 2.14 – Изменение крутящего момента от оборотов двигателя ЯМЗ-238НД

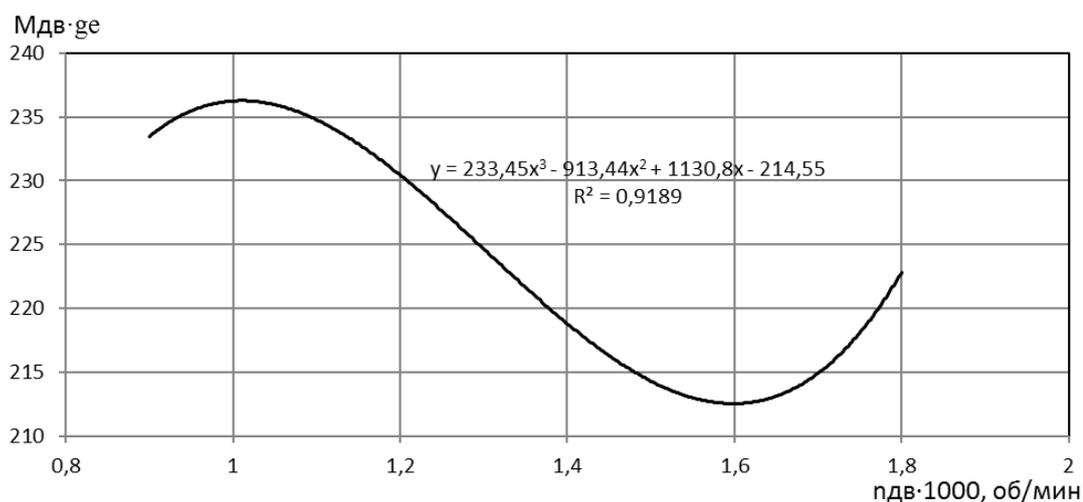


Рисунок – 2.15. График вспомогательной функции двигатель ЯМЗ-238НД

Постоянные величины, входящие в выражение (2.36) определялись как расчетным путем с использованием технической документации на трактор К-701 и плуг ПЛН-8-35, так и по результатам опытных данных [112].

Переменными факторами в выражении (2.39), как отмечалось ранее, являются передаточное отношение трансмиссии $i_{тр}$ и обороты двигателя $n_{дв}$. Передаточное отношение трансмиссии $i_{тр}$ определялось диапазоном рабочих скоростей, из условия агротехнических требований на выполнение пахоты. Обороты двигателя $n_{дв}$, соответствовали его фактическим оборотам и его регуляторной характеристики.

Обработка аналитической зависимости производилась в программе Microsoft Office Excel «Анализ данных». С целью определения значимости эксплуатационных факторов $i_{тр}$ и $n_{дв}$, в программе Microsoft Office Excel «Анализ данных» проводился двухфакторный дисперсионный анализ [107].

Результаты дисперсионного анализа, показали, что оба фактора значимы, однако значимость передаточного отношения трансмиссии $i_{тр}$ на 36% выше значимости оборотов двигателя $n_{дв}$.

Результаты расчетно-теоретических исследований представлены в виде поверхностей отклика (рис. 2.16-2.17) и их сечений (рис. 2.18-2.19).

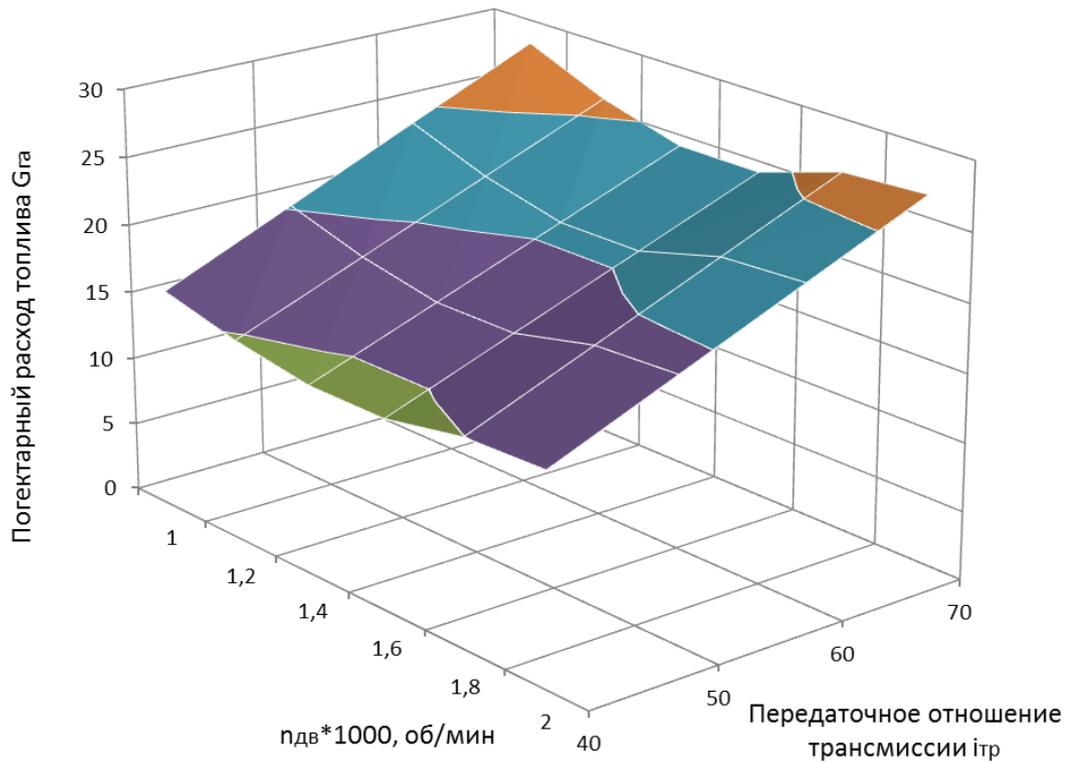


Рисунок 2.16 – Поверхность отклика в функции погектарного расхода топлива от эксплуатационных факторов $n_{дв}$ и $i_{тр}$ двигателя ЯМЗ-240БМ

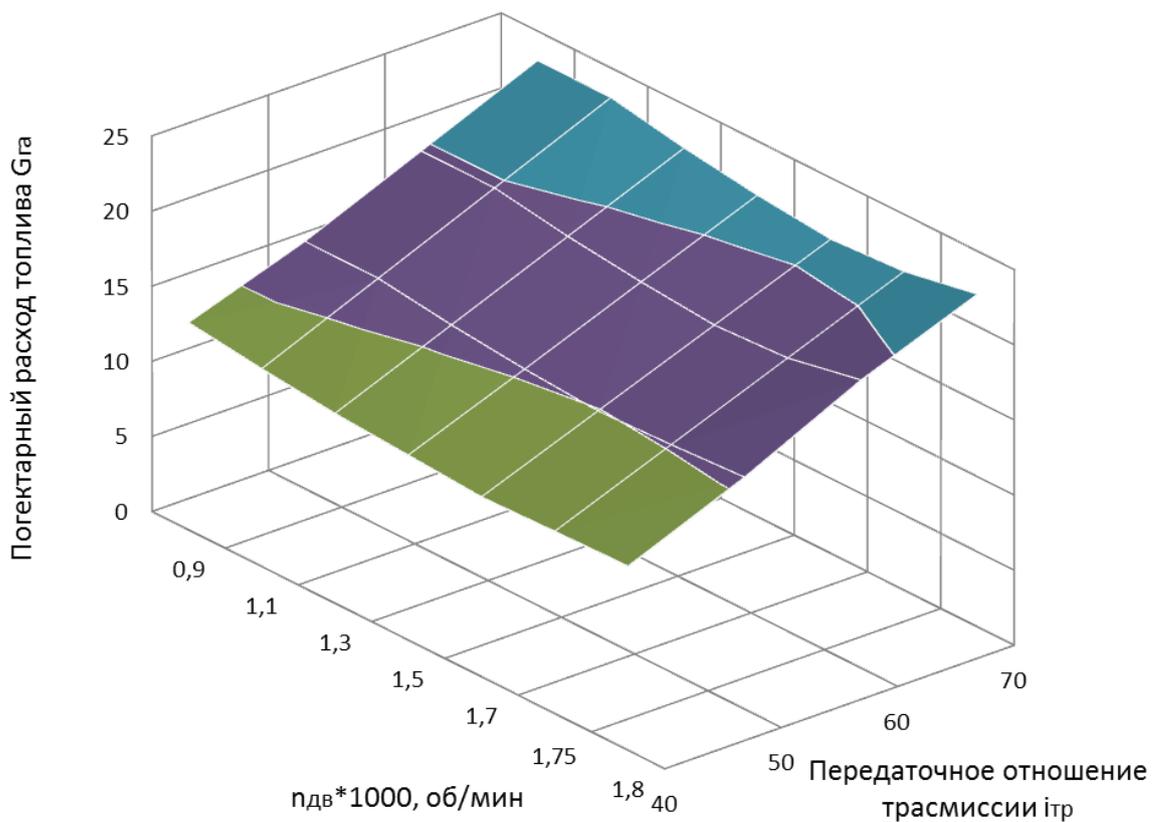


Рисунок 2.17 – Поверхность отклика в функции погектарного расхода топлива от эксплуатационных факторов $n_{дв}$ и $i_{тр}$ двигателя ЯМЗ-238НД

Полученные поверхности отклика идентичные описываются полиномами второго порядка.

Для двигателя ЯМЗ-240БМ

$$F(N; Y) = 7,524N^2 - 17,009N - 0,001NY + 0,353Y + 16,087$$

Для двигателя ЯМЗ-238НД

$$F(N; Y) = 5,692N^2 - 17,009N - 0,0001Y^2 + 0,364Y - 0,025NY + 12,114$$

где N – обороты коленчатого вала двигателя; Y – передаточное отношение трансмиссии.

Дальнейший анализ поверхностей отклика показывает, что функции не имеют экстремума и являются монотонно возрастающими с увеличением $i_{тр}$ и уменьшением $n_{дв}$. Однако у них имеются «ложбинки» в интервале $n_{дв} = 1500–1750 \text{ мин}^{-1}$ для двигателя ЯМЗ-240БМ с максимальным понижением $n_{дв} = 1700 \text{ мин}^{-1}$. Аналогичная картина наблюдается и у двигателя ЯМЗ-238НД. На рис. 2.17-2.18 представлены сечения поверхностей отклика ЯМЗ-240БМ и ЯМЗ-238НД.

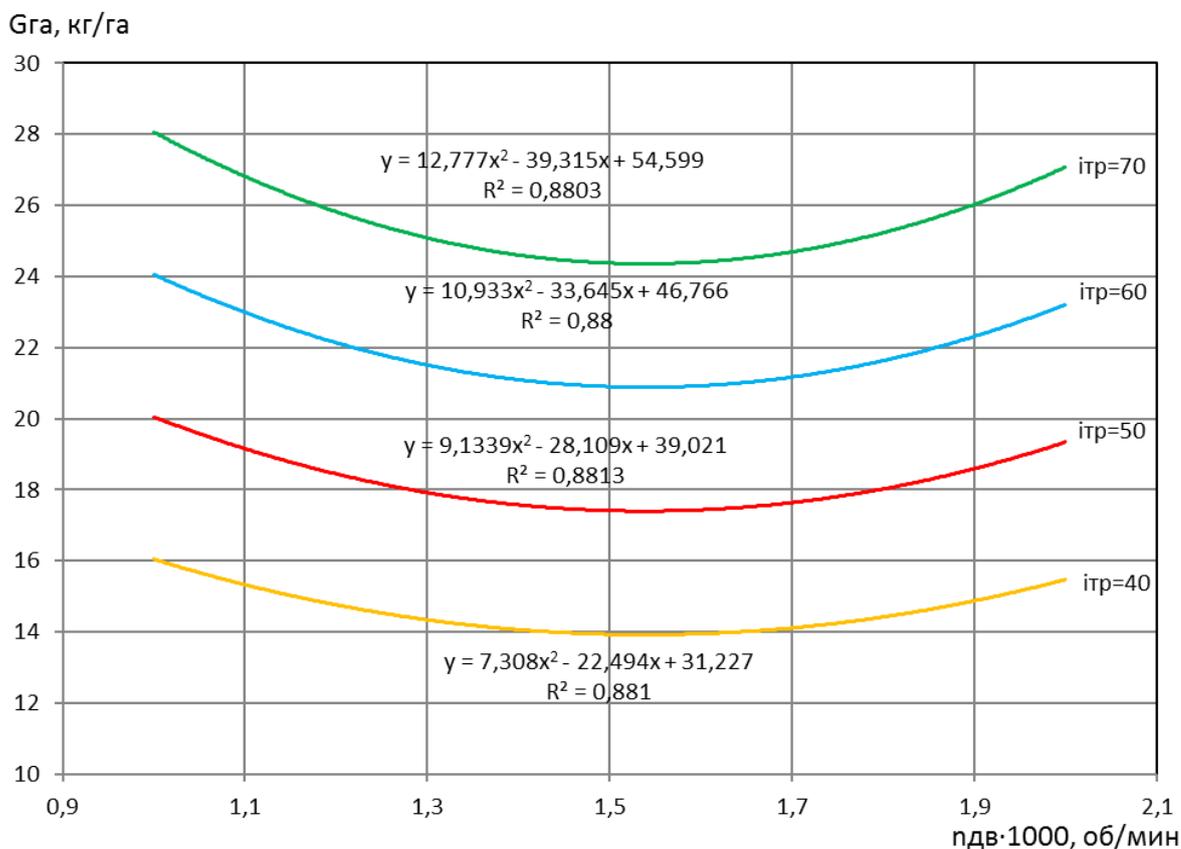


Рисунок 2.18 – Сечения поверхности отклика двигателя ЯМЗ-240БМ

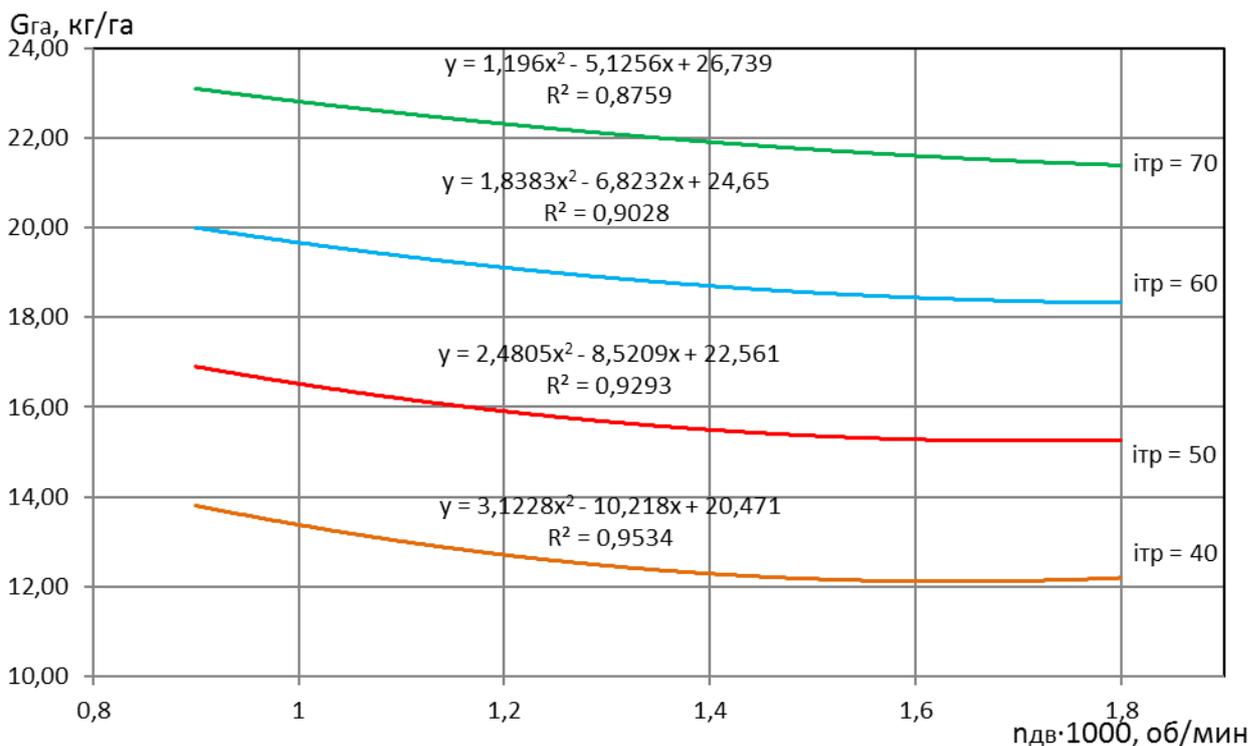


Рисунок 2.19 – Сечения поверхности отклика двигателя ЯМЗ-238НД

Сравнительный анализ погектарного расхода топлива $G_{га}$, полученный в результате проведения расчетно-теоретического обоснования соответствует опытным данным [112] и значениям нормативно-технической документации на выполнение трактором К-701 пахотных работ [30].

Выводы по разделу

1 Полученные числовые величины погектарного расхода топлива трактора К-701 с плугом ПЛН-8-35 соответствуют фактическим.

2 Обороты коленчатого вала двигателя и передаточное число трансмиссии значимы и оказывают существенное влияние на погектарный расход топлива.

3 Функция отклика не имеет экстремума и, варьируя управляемыми факторами можно получить минимальный погектарный расход топлива для конкретного случая эксплуатации МТА.

4 Одно и то же значение погектарного расхода топлива можно получить при различных сочетаниях оборотов двигателя и передаточного числа трансмиссии.

5 Погектарный расход топлива трактора К-701 с двигателями ЯМЗ-

238НД при прочих равных условиях на 12-14 % ниже, чем с двигателем ЯМЗ-240БМ.

6 Для выбора оптимального режима работы МТА необходима информационная система, которая бы в режиме реального времени определяла погектарный расход топлива и проводила его сравнение с эталонным показателем, характерным для данных условий эксплуатации.

3 ОБЩАЯ МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методической основой выполнения работы при достижении поставленной цели является проведенный анализ исследований отечественных и зарубежных ученых в области определения и выбора оптимальных режимов работы двигателей сельскохозяйственных тракторов и МТА.

Методологическим инструментом анализа решаемых задач послужил принцип единства и многообразия, позволяющий рассмотреть связь теоретических задач с их практической значимостью. За основу методики исследования принят подход, сравнительных и комплексных экспериментальных исследований. Системный подход заключается в том, что при разработке способов и технических средств, повышения топливной экономичности МТА, последнее рассматривается как система, состоящая из отдельных подсистем, взаимодействующих между собой.

В процессе исследования проводился анализ конструктивных и эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на эксплуатационные показатели МТА.

Комплексный подход заключается в том, что эксплуатационные факторы, определяющие топливную экономичность МТА, рассматривались не обособленно, а с учетом их взаимного влияния на исследуемый процесс.

Такой подход позволил определить степень влияния не только каждого фактора в отдельности, но и их совокупное влияние на эксплуатационные показатели МТА в целом.

3.1 Структура исследований

В соответствии с вышеизложенным, а также с поставленными целью и задачами, исследование проводилось в несколько этапов. Общая структура

исследования представлена на рисунке 3.1.

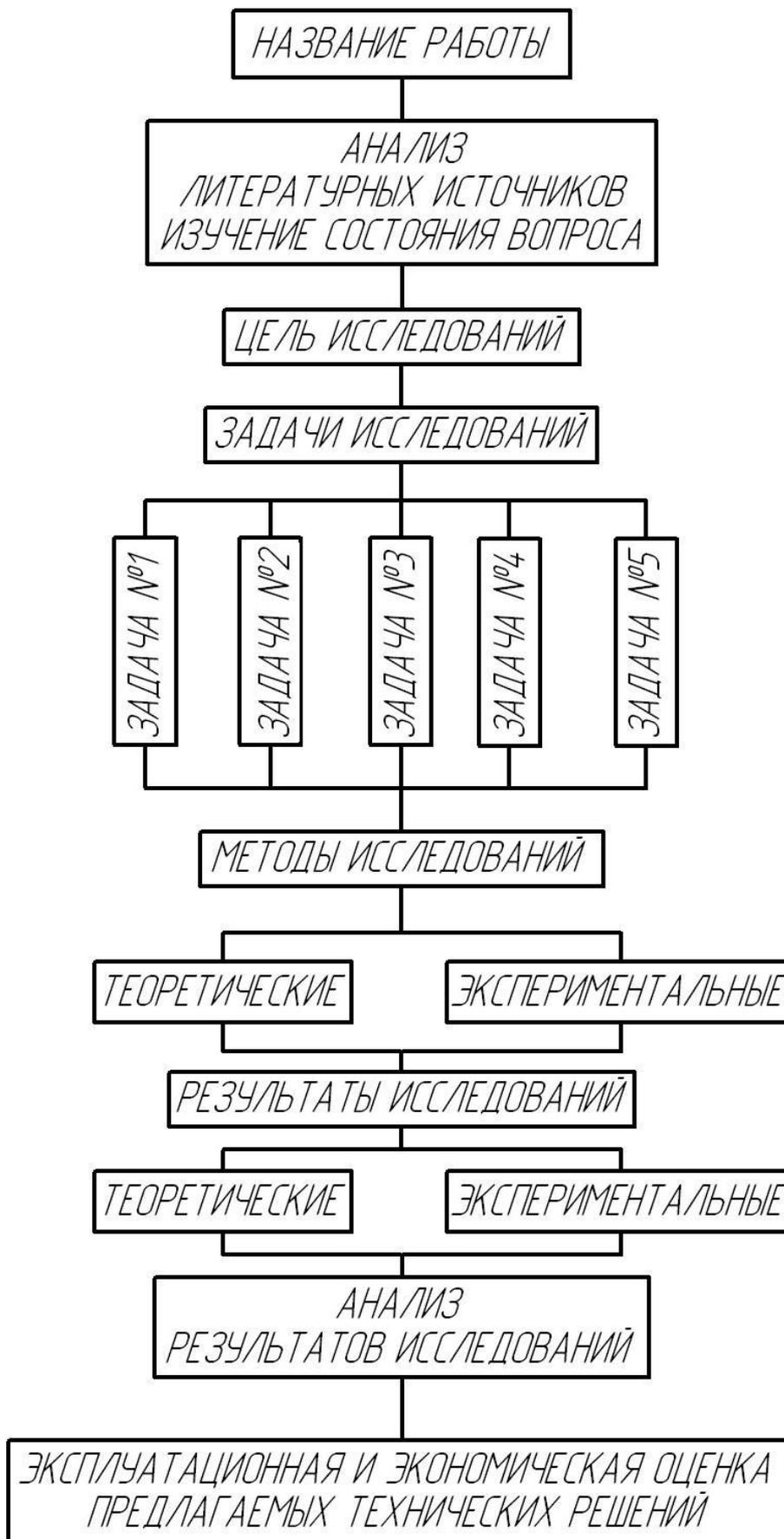


Рисунок 3.1 – Структурная схема исследований

На первом этапе проводился анализ литературных источников и изучение состояния вопроса, касающегося способов и технических средств, а также конструктивных и эксплуатационных факторов, влияющих на топливно-экономические показатели МТА. В результате проведенного анализа были определены цель и задачи исследования, а также намечены пути их решения.

На втором этапе проводилось обобщение полученной информации и определение теоретических методов решения поставленных задач. Применение расчетно-теоретического метода при решении поставленных задач определяло область экспериментального исследования.

На третьем этапе проводилась разработка средств технического контроля – информационной системы определяющую топливную экономичность МТА.

На четвертом этапе проводились экспериментальные исследования, состоящие из калибровки и тестирования информационной системы (ИС) и моделирование ее работы: лабораторно-полевых исследований ИС в составе МТА выполняющего определенную сельскохозяйственную операцию, эксплуатационные испытания ИС в условиях рядовой эксплуатации МТА.

3.2 Программа и общая методика проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования информационной системы проводились в 2 этапа.

На первом этапе проводились лабораторные исследования ИС с целью установления ее соответствия предъявленным техническим требованиям

На втором этапе лабораторно полевые исследования с целью определения эффективности ее использования.

3.2.1 Программа и общая методика проведения лабораторных исследований

Предметом лабораторных исследований является разработанная информационная система.

Объектом исследований – эксплуатационные показатели МТА отображаемые на экране планшета.

Программа исследования предусматривала:

- проведение калибровки датчика положения рейки ТНВД;
- тестирование ИС;
- определение соответствия показаний ИС рабочей скорости и часового расхода топлива отображаемых на экране панели расчетным значениям.

Общая методика лабораторных исследований. В основу общей методики лабораторных исследований положен метод электронного моделирования, который заключается в создании электрических сигналов аналогичных сигналам от первичных датчиков при эксплуатации МТА их влияние на показания ИС.

3.2.2 Программа и общая методика проведения лабораторно-полевых исследований информационной системы в составе МТА

Предметом лабораторно-полевых исследований является пахотный агрегат, состоящий из трактора К-701 с двигателем ЯМЗ-238НД и плуга ПЛН-8-35.

Объектом исследования – показания информационной системы, отображающие эксплуатационные характеристики МТА.

Задачи решения в процессе проведения исследования:

- 1 Установить степень соответствия показаний ИС, рабочей скорости и часового расхода топлива фактическим значениям.
- 2 Определение влияния эксплуатационных факторов: передаточного отношения трансмиссии и оборотов двигателя на топливно-экономические показатели МТА.

3 Обоснование топливно-экономической эффективности использования ИС при выборе эксплуатационного режима работы МТА.

Программа и методика проведения лабораторно-полевых исследований составлялась с учетом требований ГОСТ 7057–2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний», ГОСТ 20915–2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» [118, 119].

Программа проведения лабораторно-полевых исследований. Переменными – управляемыми эксплуатационными факторами, влияющими на топливную экономичность МТА, как было установлено ранее являются: передаточное отношение трансмиссии – которое изменяется ступенчато, за счет коробки передач и оборотов двигателя за счет изменения подачи топлива. Оба эти фактора устанавливаются и контролируются механизатором.

На основе анализа статистических данных о занятости трактора К-701 по видам сельскохозяйственных работ и режимах его работы [116] исходя из интервала рабочей скорости, рекомендуемых при выполнении пахотных работ были выбраны следующие режимы и передачи КП (таб. 3.1).

Таблица 3.1 – Характеристики режимов КП

| № п/п | Режим | Передача | Передаточное отношение i_{mp} | Рабочая скорость V_p , [км/ч] |
|-------|-------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. | II | 2 | 66,85 | 8,6 |
| 2. | II | 3 | 55,47 | 10,3 |
| 3. | III | 3 | 49,85 | 11,5 |

Обороты двигателя определялись по регуляторной характеристике в интервале 1300–1800 мин⁻¹ с фиксированными значениями 1300, 1400, 1500, 1700, 1800 мин⁻¹.

Регистрируемыми параметрами является: рабочая скорость V_p ; частота вращения коленчатого вала двигателя $n_{дв}$; часовой расход топлива $G_ч$.

Проведение экспериментальных лабораторно-полевых исследований

состояло из следующих этапов:

- подготовка участка для проведения исследований;
- подготовка трактора для проведения исследований;
- проведение полевого опыта;
- обработка и анализ результатов исследований.

Общая методика проведения полевого опыта. Для проведения исследований ИС, в соответствии с поставленными задачами была разработана общая методика полевого опыта.

Последовательность проведения полевого опыта:

1 Механизатором выполнялся пуск двигателя трактора и его прогрев до температуры 85–90 °С.

2 Оператор проводил включение информационной системы и вводил в оперативную память установочные параметры, соответствующие решению поставленной задачи.

3 МТА въезжал на подготовленный участок, в сторону зачетного. При движении на подготовительном участке механизатор устанавливал прямолинейность движения, необходимую скорость и производил заглабление плуга.

4 При пересечении границы зачетного участка МТА оператором производилось включение записи регистрируемых параметров. После прохождения границы зачетного участка производилось окончание записи.

5 При въезде на подготовленный участок механизатором выполнялось выглабление плуга и остановка МТА. Затем оператор считывал результаты опыта и заносит в журнал проведения исследований.

6 Далее проводилась повторная ездка в обратном направлении по другой загонке.

За опыт принимается ездка в двух направлениях. Повторность Опыта 3^х кратная.

Выводы по разделу

1 Общая методика экспериментальных исследований позволяет

описать целостную картину рассматриваемого – повышения эффективности эксплуатации МТА с применением информационной системы.

2 Программа и методика проведения экспериментальных исследований составлена с учетом требований ГОСТ 7057–2001, ГОСТ 20915–2011 и предназначена для определения основных эксплуатационных показателей МТА в режиме реального времени.

3 Частные методики экспериментальных исследований позволяют решать задачи, предусмотренные программой исследования: проведение калибровки датчика положения рейки ТНВД, тестирование информационной системы, определение соответствия показаний рабочей скорости и часового расхода топлива отображаемых на экране панели фактическим величинам.

4 ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОЛУЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ МТА

Исходя из поставленной задачи и специфики работы сельскохозяйственной техники, информационная система должна соответствовать следующим требованиям:

- получение искомой информации и отображение ее на экране дисплея цифровом и графическом виде в режиме реального времени;
- компактность и автономность;
- высокая надежность всех элементов системы;
- виброустойчивость и пылезащищенность;
- установка элементов комплекса не должна затрагивать конструктивную часть трактора;
- питание от бортовой сети трактора, 12 и 24 В;
- простота в эксплуатации и техническом обслуживании.

4.1 Обоснование способов получения оперативной информации об эксплуатационных показателях МТА

На основании анализа литературных источников и существующего экономического положения АПК России, за основной показатель эффективности эксплуатации МТА принят показатель энергетической эффективности трактора – погектарный расход топлива $G_{га}$ л/га (2.1) [113].

Следовательно, для выбора экономичного режима работы МТА, необходимо в режиме реального времени измерять и регистрировать следующие эксплуатационные показатели: текущий расход топлива $G_{ч}$ и производительность $W_{ч}$.

При обосновании способа оперативного измерения расхода топлива необходимо учитывать конструктивные особенности, как трактора, так и

системы питания его двигателя. Так трактора К-701 с двигателями ЯМЗ, на который приходится основной объем пахоты, имеет следующие конструктивные особенности (рис. 4.1):

- наличие двух топливных баков, подключение которых производится отдельно, через трехходовой кран;

- часть топлива, поступающая из бака (20–60% в зависимости от режима работы двигателя) используется для охлаждения топливного насоса высокого давления и сливается в левый бак;

- топливо, идущее на слив, имеет температуру на 60–80%, что является причиной образования паровоздушных пробок в сливной магистрали.

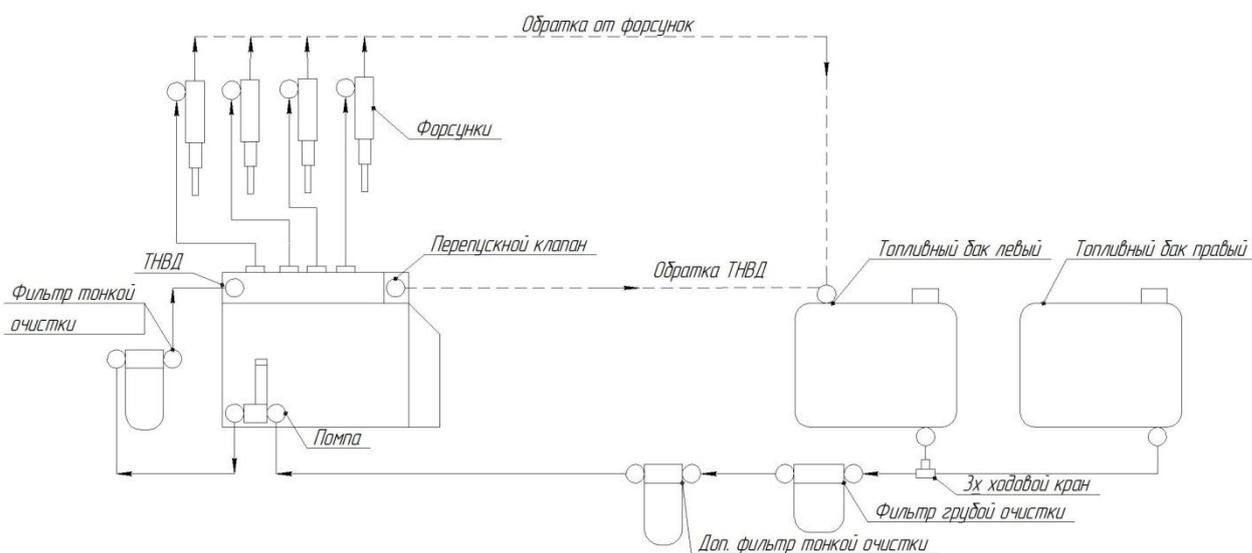


Рисунок 4.1 – Схема системы питания двигателя топливом трактора К-701

Исходя из вышеизложенного, а также способов и технических средств контроля расхода топлива, приведенного в I разделе наиболее целесообразным является указанные на рисунке 1.3 косвенный способ измерения расхода топлива по положению рейки ТНВД и частоте вращения к/в двигателя, или оборотам вала привода насоса. Из технических соображений наиболее доступным является измерение оборотов вала привода ТНВД. В этом случае часовой расход топлива определяется из следующего выражения:

$$G_{\text{ч}} = 0,06n_{\text{вп}}g_{\text{ц}}n_{\text{п}} \cdot \text{л/ч} \quad (4.1)$$

где $n_{вп}$ – частота вращения вала привода ТНВД; $g_{ц}$ – цикловая подача одной плунжерной пары, $см^3$; $n_{п}$ – число плунжерных пар.

В свою очередь $g_{ц}n_{п} = \sum Q_{ц}$, суммарная подача топлива за один оборот привода ТНВД.

Цикловая подача плунжерной пары определяется положением рейки ТНВД (рис. 4.2).

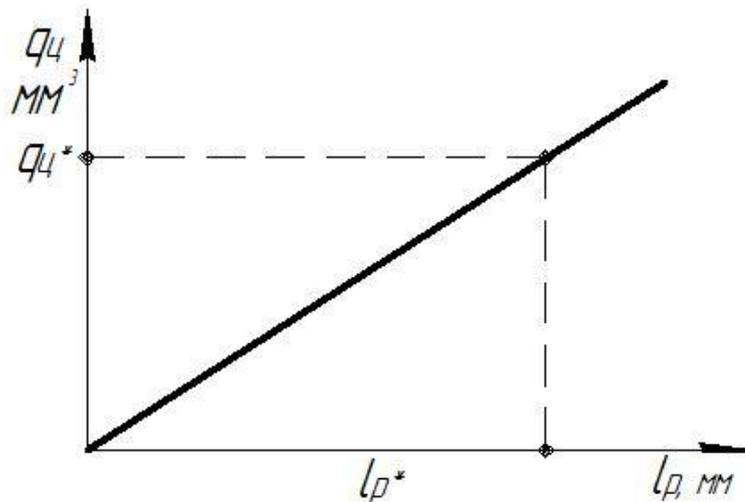


Рисунок 4.2 – Зависимость цикловой подачи топлива плунжерной парой от положения рейки ТНВД

$$g_{ц} = K_{ц}l_{р},$$

где $K_{ц}$ – коэффициент пропорциональности, определяется расчетным путем или опытным путем при регулировке ТНВД.

$$K_{ц} = \frac{g_{ц}^*}{l_{р}^*},$$

Таким образом, выражение (3.2) принимает следующий вид.

$$G_{ч} = 0,06n_{вп}K_{ц}l_{р}. \quad (4.2)$$

Производительность МТА определяется рабочей скоростью и шириной захвата агрегата (2.17). Ширина захвата агрегата является постоянной величиной и в процессе выполнения сельскохозяйственной операции не изменяется. Изменение производительности возможно только за счет рабочей скорости.

$$V_{р} = 0,377 \frac{n_{дв}}{l_{тр}} r_{т} \eta_{\delta}, \quad (4.3)$$

Передаточные отношения трансмиссии являются фиксированными величинами и соответствуют определенным передачам КПП, которые в свою очередь определяются положением рычагов переключения передач. Поэтому, в техническом плане весьма затруднительно определить передаточное отношение по положению рычагов управления КПП.

Наиболее простым и надежным способом является определение скорости движения МТА через частоту вращения ведущего колеса, а также обороты хвостовика ведущей шестерни главной передачи ведущего моста трактора (рис. 4.3).

$$V_p = 0,377 n_k r_T \eta_\delta, \quad (4.4)$$

где
$$n_k = \frac{n_{ДВ}}{i_{Тр}}, \quad (4.5)$$

$$V_p = 0,377 \frac{n_{ХВ}}{i_{ВМ}} r_T \eta_\delta, \quad (4.6)$$

где $n_{ХВ}$ – частота вращения хвостовика ведущей шестерни ведущего моста; $i_{ВМ}$ – передаточное отношение ведущего моста.

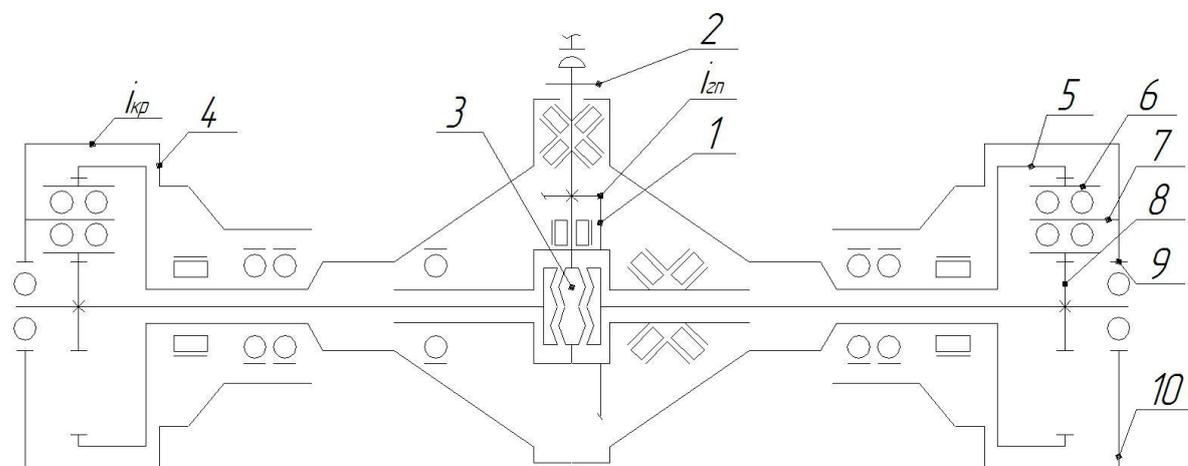


Рисунок 4.3 – Кинематическая схема моста тракторов «Кировец»

$i_{кр}$ – передаточное отношение колесного редуктора; $i_{гп}$ – передаточное отношение главной передачи; 1 – главная (центральная) передача; 2 – фланец хвостовика ведущей шестерни главной передачи; 3 – самоблокирующийся дифференциал (дифференциал с кулачковым механизмом свободного хода); 4 – колесный редуктор; 5 – эпициклическая (коронная) шестерня; 6 – сателлит; 7 – ось сателлита; 8 – солнечная шестерня; 9 – водило; 10 – ступица колеса

(корпус)

$$\text{Следовательно } W_{\text{час}} = 0,377V_p \frac{n_{\text{ХВ}}}{i_{\text{ВМ}}} r_T \eta_{\delta}. \quad (4.7)$$

Теоретический радиус колеса r_T является постоянной величиной и определяется типоразмером шины, устанавливаемой на трактор. КПД буксования η_{δ} зависит от многих факторов, но как было установлено ранее, в рабочем диапазоне сил тяги на крюке, при выполнении конкретной операции изменяется незначительно и может рассматриваться как постоянная величина. Следовательно, для определения производительности МТА необходимо измерять и регистрировать обороты ведущего колеса или хвостовика главной передачи ведущего моста. Учитывая конструкцию трансмиссии тракторов и специфики их работы, наиболее целесообразно производить измерение частоты вращения хвостовика ведущего моста.

Таким образом, для оперативного определения погектарного расхода топлива необходимо измерять и регистрировать следующие физические величины:

- обороты вала привода ТНВД;
- обороты хвостовика ведущего моста;
- положение (вылет) рейки ТНВД.

Анализ существующих способов и технических средств измерения частоты вращения элементов трансмиссии тракторов, показал, что самым надежным способом является бесконтактный способ с применением индуктивных датчиков [106].

При выборе датчика положения рейки ТНВД необходимо учитывать следующие условия: датчик не должен оказывать механического воздействия на рейку, установка датчика не должна приводить к изменению конструкции ТНВД.

4.2 Разработка информационной системы

4.2.1 Принципиальная схема информационной системы

На основании проведенного теоретического анализа влияния эксплуатационных факторов на эффективность МТА, способов и средств их регистрации, а также поставленной задачи, была разработана структурная схема информационной системы (рис. 4.4).

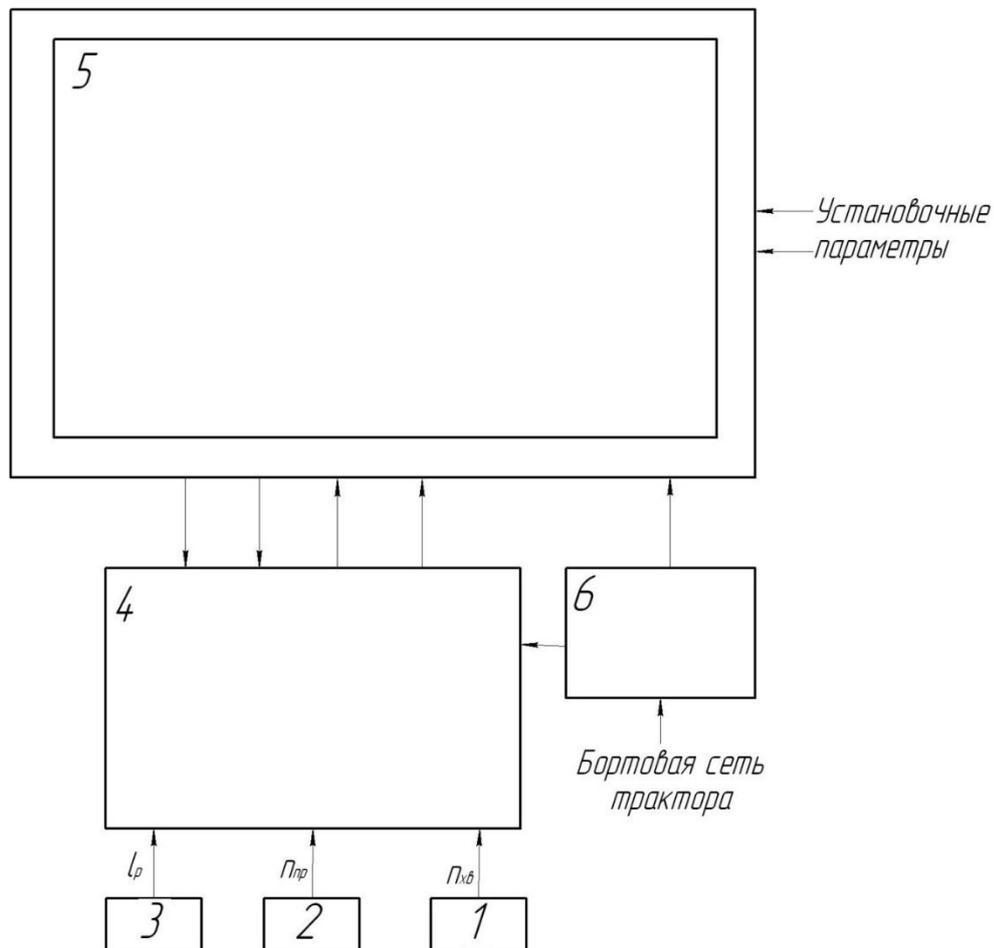


Рисунок 4.4 – Структурная схема информационной системы

Где основными элементами информационной системы являются: 1–3 первичные датчики, регистрирующие частоту вращения хвостовика ведущего моста (1), частоту вращения вала привода ТНВД (2) и положение рейки ТНВД (3); контроллер, предназначенный для сбора информации с первичных датчиков и реализующий алгоритм работы (4); панель для ввода установочных параметров и отображения эксплуатационных параметров работы МТА в числовом и графическом виде (5); блок стабилизированного напряжения (6).

Разработанная структурная схема была реализована на базе свободно-программируемого промышленного контроллера ОВЕНПЛК-150I-M (рис. 4.5), блока стабилизированного питания (рис. 4.6) установленного в одном корпусе и панели оператора WEINTEKMT8070iE(рис. 4.7).



Рисунок 4.5 – Промышленный контроллер ОВЕНПЛК-150 I-M

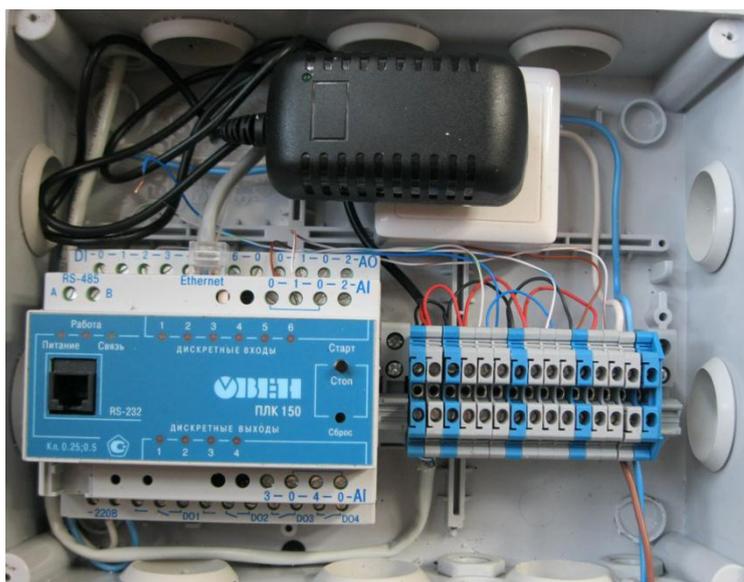


Рисунок 4.6 – Блока стабилизированного питания



Рисунок 4.7 –Панель оператора WEINTEK MT8070iE

Исходя из диапазона частоты вращения хвостовика ведущего моста $n_{\text{хв}} = 0\text{--}915$ об/мин и частоты вращения вала привода ТНВД $n_{\text{вп}} = 200\text{--}1200$ об/мин, а так же особенностей эксплуатации тракторной техники выбраны индуктивные датчики серии LA18-55.5N4.U1.K (рис. 4.8)



Рисунок 4.8 – Индуктивные датчики серии LA18-55.5N4.U1.K

Для определения положения рейки ТНВД был выбран бесконтактный ультразвуковой акустический датчик K01B.184D (рис. 4.9).



Рисунок 4.9 – Бесконтактный ультразвуковой акустический датчик



Рисунок 4.10 – Расположение элементов информационной системы на тракторе типа «Кировец»

4.2.2 Алгоритм расчета эксплуатационных показателей МТА

Определение часового расхода топлива. За основной показатель

эффективности работы МТА, как отмечалось ранее, был принят погектарный расход топлива $G_{га}$ (2.1). Исходным выражением для определения расхода топлива $G_{га}$ является:

$$G_{га} = 0,06n_{вп}l_pK_{ц}, \quad (4.8)$$

где $K_{ц}$ – коэффициент пропорциональности.

Так как для определения частота вращения вала привода ТНВД используется дискретный индукционный датчик, то

$$n_{вп} = \frac{Z_{пp}}{Z'_{пp}}, \quad (4.9)$$

где $Z_{пp}$ – число импульсов за 1 минуту; $Z'_{пp}$ – число импульсов за 1 оборот вала привода ТНВД.

Так как для определения положения рейки топливного насоса был выбран акустический датчик с аналоговым выходом, следовательно, положение рейки ТНВД будет определяться по величине цифрового сигнала $l_p=f(v)$, где v – величина входного сигнала.

Таким образом, выражение (4.8) принимает следующий вид

$$G_{га} = 0,06 \frac{Z_{пp}}{Z'_{пp}} v K_{ц}. \quad (4.10)$$

Определение производительности МТА. Исходным выражением для определения производительности МТА является следующее выражение.

$$W_{ч} = 0,377V_p r_T \eta_{\delta} \frac{n_{хв}}{i_{вм}}, \quad (4.11)$$

Так как для определения оборотов хвостовика ведущего моста используется индуктивный дискретный датчик, то

$$n_{хв} = \frac{Z_{хв}}{Z'_{хв}}, \quad (4.12)$$

где $Z_{хв}$ – число импульсов за 1 минуту; $Z'_{хв}$ – число импульсов за 1 оборот хвостовика.

В данном выражении имеются следующие постоянные величины: $i_{вм} = const$, $r_T = const$. Следовательно, выражение (4.11) можно представить в следующем виде:

$$W_{\text{ч}} = C \frac{Z_{\text{XB}}}{Z'_{\text{XB}}} B_{\text{p}} \eta_{\delta}. \quad (4.13)$$

где $C = 0,377 \frac{r_{\text{T}}}{i_{\text{BM}}}$.

Переменные величины B_{p} – ширина захвата агрегата и η_{δ} – КПД буксования вводятся в алгоритм программы в виде текущей информации.

4.2.3 Работа информационной системы

При включении механизатором бортовой сети трактора происходит подача напряжения на ИС, которая переходит в режим ожидания, при этом на экране планшета отображаются (рис. 4.11):

- окна 1–6 для регистрации эксплуатационных показателей МТА, в числовом виде;
- основное информационное окно 7 для представления итоговой информации в графическом виде.

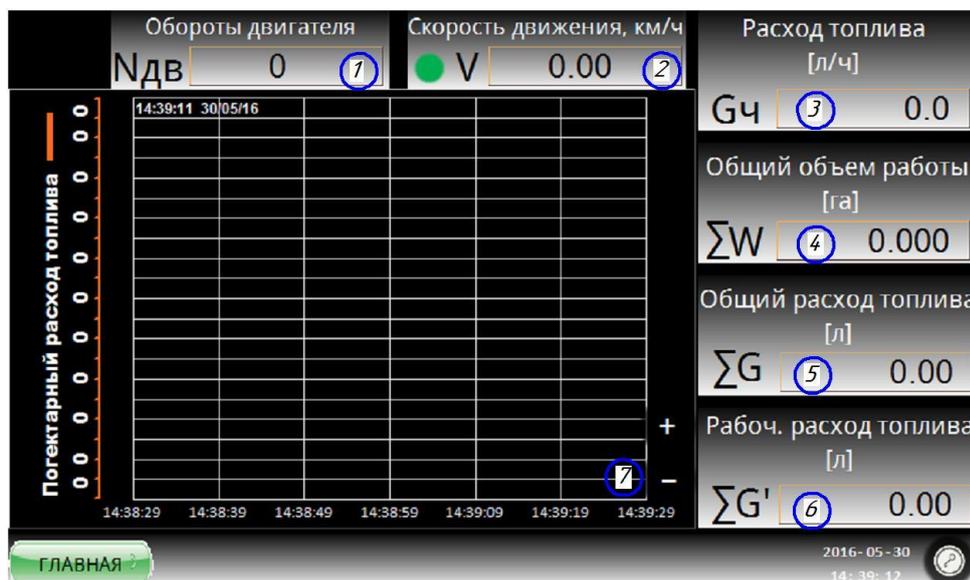


Рисунок 4.11 – Экран панели оператора:

1 – окно регистрации частоты вращения к/в двигателя; 2. – окно регистрации рабочей скорости; 3 – окно регистрации часового расхода топлива; 4 – окно регистрации общего объема работы; 5 – окно регистрации общего расхода топлива; 6 – окно регистрации рабочего расхода топлива; 7 – окно представления итоговой информации в графическом виде.

С момента пуска двигателя, контроллер начинает собирать информацию с установленных датчиков и обрабатывать их заданному алгоритму. Все вычисления проводятся без образования типов данных (вещественное в целое), что повышает его точность. После обработки информации с датчиков и вычисления необходимых показателей происходит передача данных на панель, которая отображает их в удобном виде. Так при стоянке трактора, и работающем двигателе, ИС информирует об оборотах двигателя – окно 1 и общем расходе топлива – окно 5.

При начале движения МТА в окне №2 отображается скорость движения, а в памяти ИС фиксируется пройденный путь;

Перед началом работы бригадир или учетчик, имеющий код доступа, вводит в оперативную память ИС установочные параметры на выполняемую операцию (рис. 4.12):

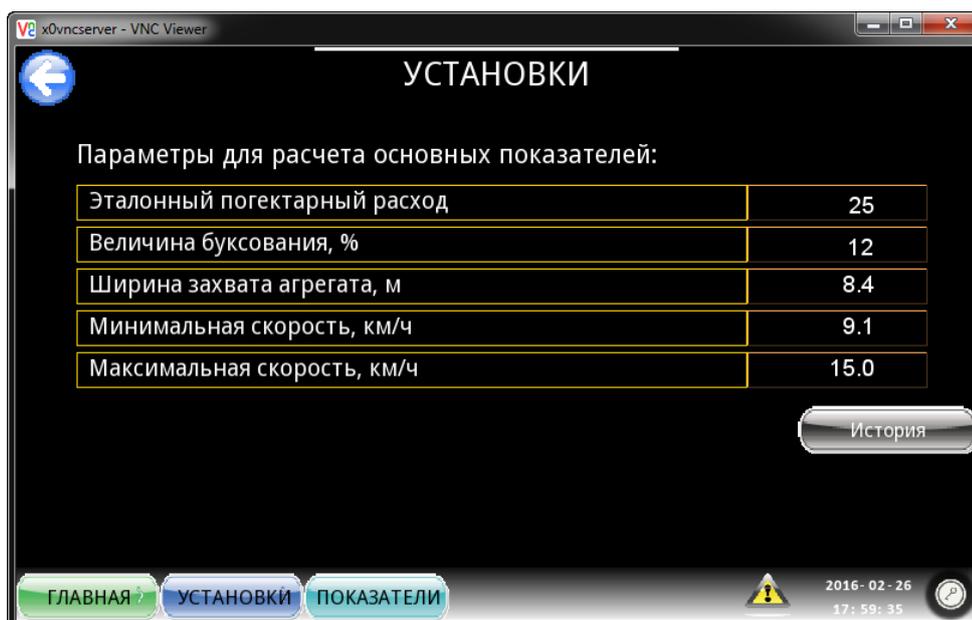


Рисунок 4.12 – Экран панели оператора (введение установочных параметров)

- эталонный погектарный расход топлива;
- величину буксования;
- ширину захвата агрегата;
- минимальную рабочую скорость;
- максимальную рабочую скорость.

После введения установочной информации на экране панели

появляются две горизонтальные прямые линии: верхняя соответствует $G_{эга}+7,5\%$; нижняя соответственно $G_{эга}-7,5\%$.

При выполнении сельскохозяйственной операции на экране панели появляется красная линия, соответствующая текущему значению погектарного расхода топлива.

Задача механизатора заключается в том, чтобы путем маневрирования передачами и оборотами двигателя, максимально приблизить фактический погектарный расход топлива. Красная линия, к минимальному установленному значению – нижняя зеленая линия (рис. 4.13).

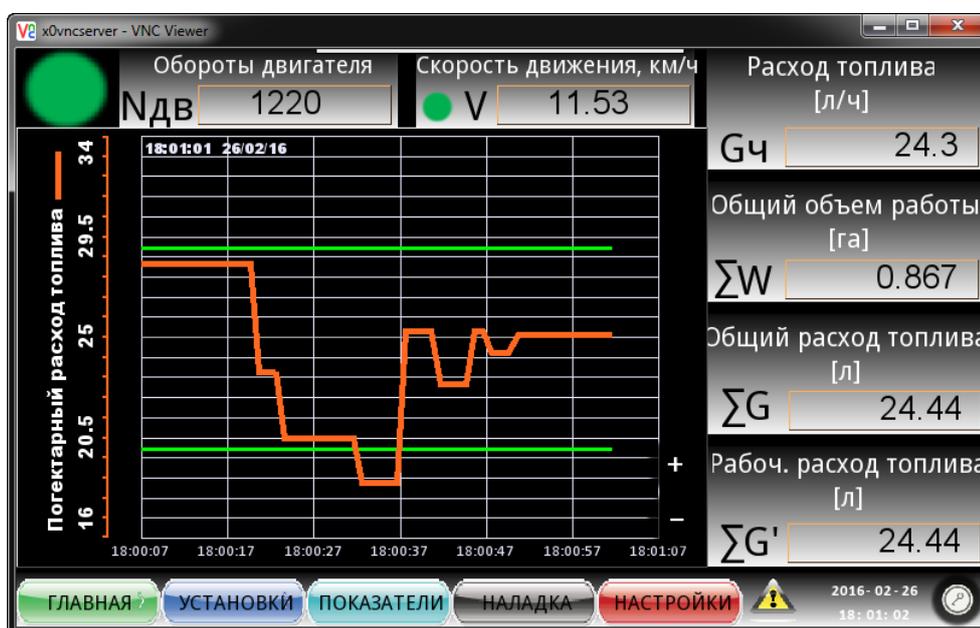


Рисунок 4.13 – Экран панели оператора (работа)

Рабочая скорость МТА при этом не должна выходить за установленные пределы. При выходе за установленные пределы в верхнем левом углу экрана появляется световая индикация в виде треугольника красного цвета. В том случае если текущее значение погектарного расхода топлива или скорость движения превышают верхний предел, вершина красного треугольника направлена вниз, если нижний предел вершина вверх (рис. 4.14-4.15).

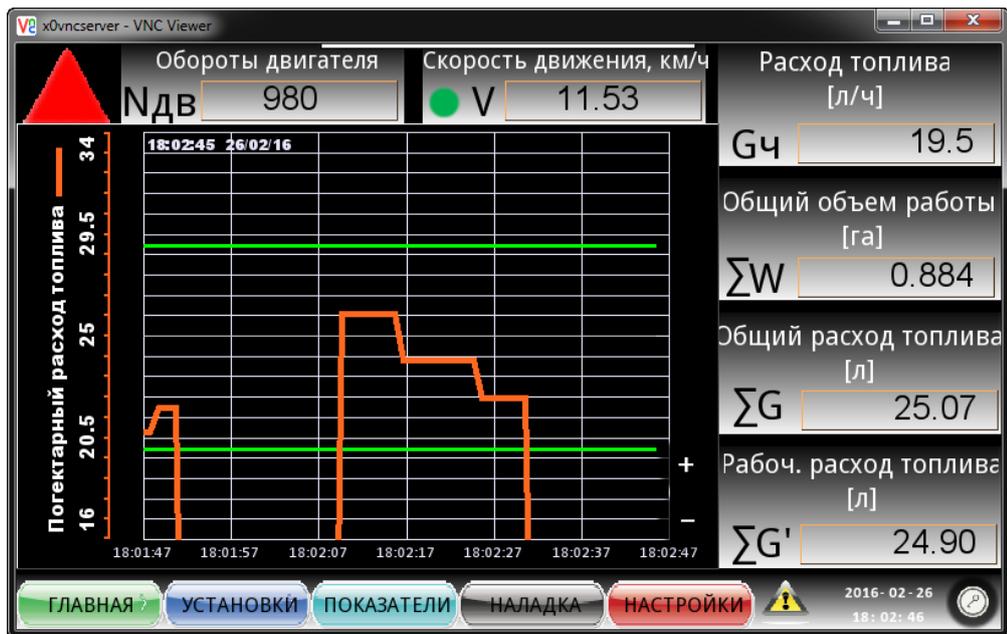


Рисунок 4.14 – Экран панели оператора (выход за пределы)



Рисунок 4.15 – Экран панели оператора (выход за пределы)

В окне 4 отображается объем выполненной работы (га), в окне 5 – общий расход топлива (л), а в окне 6 – рабочий расход топлива (л). За рабочий расход топлива принимается такой расход топлива, когда его значение превышает 35% от номинального, то есть $G_p \geq 0,35G_n$.

Панель имеет, встроенную память, для сохранения данных в архиве, просмотра истории эксплуатации МТА и проведения анализа. При этом предусмотрено три уровня доступа к информации.

Механизатор – может просматривать текущую информацию и конечный результат. Бригадир – вводит установочные параметры и просматривает конечный результат. Администратор (инженер, учетчик) – полный доступ, ввод установочной информации, просмотр конечного результата и истории.

Выводы по разделу

1 Разработанная информационная система соответствует предъявленным требованиям.

2 Информация, отображаемая на экране панели, легко воспринимается механизатором и не оказывает на него психологического воздействия.

3 Эксплуатация ИС не требует от механизатора дополнительной подготовки.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МТА ОБОРУДОВАННОГО ИС

С целью подтверждения результатов теоретических исследований, приведенных во втором разделе, проводились эксплуатационные исследования МТА. Экспериментальные исследования ИС, как отмечалось ранее, проводились в два этапа. На первом этапе проводились лабораторные исследования, на втором – лабораторно-полевые.

5.1 Проведение лабораторных исследований информационной системы

Программой проведения лабораторных исследований предусматривалось:

- проведение калибровки датчика положения рейки ТНВД;
- тестирование информационной системы;
- определение соответствия показаний ИС: рабочей скорости и часового расхода топлива, отображаемых на экране панели расчетным значениям.

В соответствии с поставленными задачами были разработаны частные методики определения искомых величин.

5.1.1 Методика проведения калибровки датчика положения рейки ТНВД

Калибровка датчика положения рейки ТНВД проводилась с целью получения коэффициента соответствия $K_{ц}$ между величиной выходного сигнала датчика v и цикловой подачей топлива.

$$K_{ц} = Q_{ц} / v, \quad (5.1)$$

где $Q_{ц}$ – цикловая подача топлива, $Q_{ц} = f(l_p)$, см³; v – величина выходного сигнала, $v = f(l_p)$, мА.

Аппаратура и приборы, применявшиеся для калибровки датчика

положения рейки ТНВД.

Проведение калибровки датчика по цикловой подаче топлива проводилось на стенде по регулировке топливной аппаратуры КИ-22010. (рис. 5.1)

Для проведения калибровки ТНВД, совместно с датчиком положения рейки, устанавливался на стенд регулировки топливной аппаратуры КИ-22010. (рис. 5.2)



Рисунок 5.1 – Общий вид стенда КИ-22010

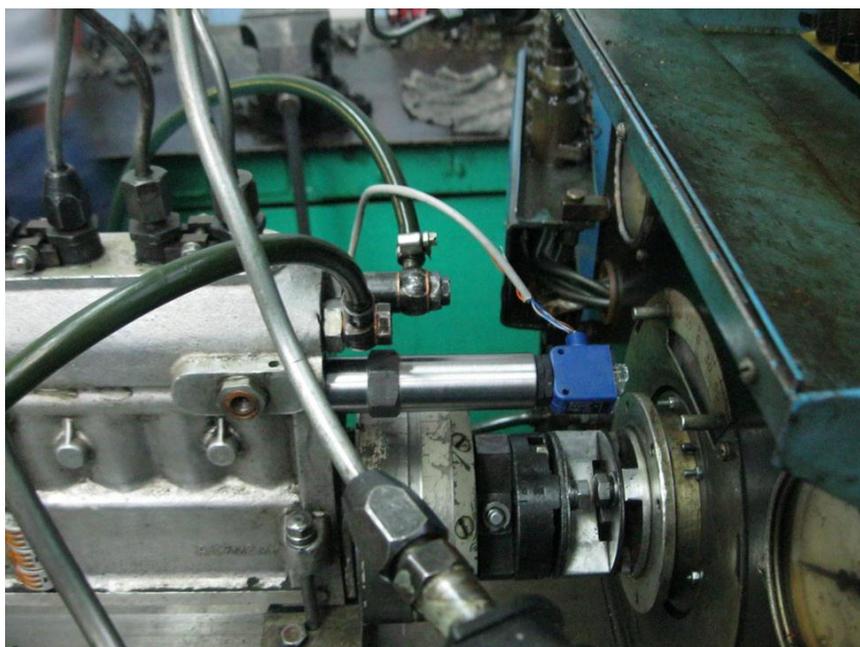


Рисунок 5.2 –Калибровка датчика положения рейки ТНВД

Затем проводилось подключение датчика к контроллеру, с дальнейшим выходом сигнала на персональный ПК с соответствующим программным обеспечением.

Калибровка датчика проводилась в следующей последовательности:

– определялась величина сигнала датчика в крайних положениях рейки ТНВД. За «0» отсчета принимался сигнал при максимальном вылете рейки. Диапазон перемещения рейки разбивался на 5 ступеней. Для каждой ступени проводилась регистрация выходного сигнала v , которая отображалась на экране ПК;

– на панели управления стенда устанавливалось: число циклов работы ТНВД, частота вращения вала привода насоса, затем производился слив остатка топлива из измерительных колб и запуск стенда;

– после остановки стенда производилось определение объема топлива за опыт;

– результаты опыта заносились в журнал проведения исследования;

– для каждой степени опыта определялась цикловая подача $Q_{ц}$ и коэффициент соответствия $K_{ц}$.

Калибровка имела трехкратную повторность.

Методика определение погрешности измерения. При определении погрешности измерения использовались следующие методики и рекомендации [152, 167-170, 172,173].

По результатам калибровки подсчитывались:

1 Среднее значение выходного сигнала на каждой ступени измерения

$$N_j = \sum_{i=1}^n \frac{N_j i}{n}, \quad (5.2)$$

где n – число повторов; N – выходной сигнал; j – число ступеней измерения.

2 Значение коэффициентов пропорциональности и интерполярной функции (масштабный коэффициент)

$$K = \frac{\sum_{i=1}^m (N_j P_j)}{\sum_{i=1}^m (P_j)^2}, \quad (5.3)$$

где m – число ступеней измерения.

3 Значение интерполярной функции на каждой ступени измерения

$$N_j \pi_j = K P_j. \quad (5.4)$$

4 Абсолютное значение систематической составляющей (погрешности нелинейности) основной погрешности прибора на j -й ступени измерения.

$$\Delta \pi_j = \bar{N}_i - \bar{N}_j \pi_j. \quad (5.5)$$

5 Приведение значения погрешности нелинейности

$$\gamma \pi_j = \frac{\Delta \pi_j}{N_j \pi_{\max}} 100 \%. \quad (5.6)$$

6 Абсолютное значение среднеквадратичного отклонения случайной составляющей основной погрешности прибора

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{i=1}^n (\bar{N}_{ji} - \bar{N}_j)^2}{m(n-1)}}. \quad (5.7)$$

7 Абсолютное значение основной погрешности данного средства измерения для данной ступени. Абсолютное значение основной погрешности принимается максимальным для всех ступеней.

$$\Delta_1 = \Delta \pi_1 + 2\sigma. \quad (5.8)$$

8 Приведенное значение основной погрешности средств измерения

$$\gamma_o = \frac{\Delta_{\max}}{N_j \pi_{\max}} 100 \%. \quad (5.9)$$

5.1.2 Методика тестирования информационной системы

Для проведения тестирования информационной системы был разработан цифровой электронный блок, имитирующий дискретные

импульсы от датчиков оборотов вала привода ТНВД, хвостовика привода переднего ведущего моста и аналогового сигнала от датчика положения рейки топливного насоса. Электронный блок был реализован в программе удаленного доступа «x0vncserver-VNC Viewer» (далее программа) персонального ПК, к которому удаленно подключался контроллер. При включении программы на дисплее ПК (рис. 5.3) в соответствующих окнах отображались: диапазоны частоты импульсов от датчиков оборотов вала привода ТНВД, хвостовика привода переднего ведущего моста Z_x и величины аналогового сигнала датчика положения рейки топливного насоса v . Текущие положения сигналов отображались в цифровом виде и положением курсора на соответствующей шкале.

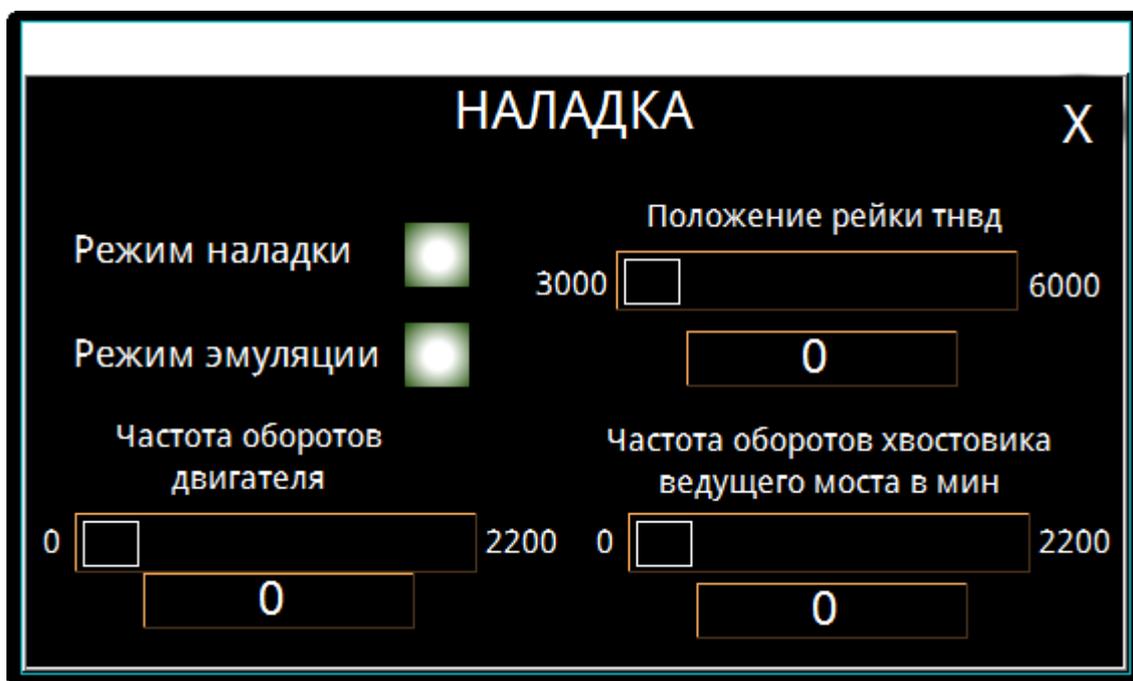


Рисунок 5.3 – Экран панели в режиме тестирования

Последовательность проведения тестирования. Проводилось включение информационной системы и ввод в оперативную память установочных параметров: ширины захвата агрегата, диапазона рабочих скоростей, эталонного погектарного расхода топлива, величины буксования. На экран панели (рис. 5.4) появлялись две горизонтальные зеленые линии соответствующие верхняя соответствует $G_{эга}-7,5\%$ и $G_{эга}+7,5\%$ и горизонтальная красная линия текущее значение $G_{га}$ соответствующее

значениям $Z_{пр}$, $Z_{хв}$ и V_p установленных на ПК.



Рисунок 5.4 –Экран панели в рабочем режиме

Изменение величины сигналов вызывало смещение красной линии ($G_{га}$) в вертикальной плоскости. В случае пересечения верхней зеленой линии $G_{га} > G_{эга} + 7,5\%$ в верхнем левом углу экрана высвечивается красный символ \blacktriangledown указывающий на необходимость снижения рабочей скорости. При пересечении нижней красной линии $G_{га} < G_{эга} - 7,5\%$ высвечивается символ \blacktriangle , указывающий на необходимость увеличения рабочей скорости. При нахождении красной линии в полосе $G_{эга\max}$ и $G_{эга\min}$ высвечивался символ \bullet зеленого цвета «норма».

5.1.3 Методика определения соответствия показаний ИС рабочей скорости движения МТА и часового расхода топлива расчетным значениям

При определении соответствия показаний рабочей скорости V_p' отображаемой на экране панели, ее расчетным значениям V_p , в программу

вводились частота вращения хвостовика привода переднего ведущего моста, соответствующая определенной передаче трактора. При этом на экране панели, с правой стороны, отображалось значение рабочей скорости. Затем по известной аналитической зависимости (2.9) определялась расчетная величина скорости, и проводилось ее сравнение с показаниями ИС по следующему выражению.

$$K_V = \frac{V'_{cp}}{V_{cp}} \quad (5.10)$$

где V'_{cp} – средняя рабочая скорость по показаниям информационной системы;
 V_{cp} – средняя расчетная рабочая скорость.

При определении соответствия часового расхода топлива $G_{\text{час}}$ отображаемого на экране панели ИС в программу дополнительно вводились величина сигнала аналогового датчика v , коэффициент соответствия K_{GI} обороты вала привода ТНВД. После пуска программы на экране панели, с правой стороны отображается часовой расход топлива G'_q . Затем по полученной аналитической зависимости (2.10) определяется расчетная величина часового расхода топлива G_q и ее сравнение с показаниями информационной системы.

$$K_G = \frac{G'_q}{G_q} \quad (5.11)$$

где G'_q – расход топлива по показаниям ИС, л; G_q – расчетный расход топлива, л.

5.2 Методика проведение эксплуатационных исследований МТА оборудованного информационной системой

В соответствии с ГОСТ 7057–2001 [115] и ГОСТ 80745–2011 [116] экспериментальные исследования включали в себя следующие этапы:

- 1 Подготовка участка для проведения исследования.
- 2 Подготовка трактора для проведения исследования.
- 3 Проведение полевого опыта.

4 Обработка и анализ результатов исследования.

5.2.1 Подготовка участка для проведения исследования

Исследования проводились в СПК им. Чапаева Петровского района Саратовской области при выполнении пахоты на глубину 22–25 см. В качестве фона для проведения исследований было выбрано стерня озимой пшеницы высотой 10–12 см, влажность почвы соответствовала 25–27%. На поле был выбран участок, соответствующий требованиям ГОСТ 7057-2011, то есть с уклонами, не превышающими $\pm 2\%$ (уклоны незаметные для человеческого глаза). Участок разбивался на загонки (рис. 5.5), ширина загонки соответствовала пятикратной ширине захвата плуга ПЛН-8-35 и составляла 14 м. Длина загонки (зачетного участка) составляла 650 м и определялась с помощью навигационной системы трактора New Holland.

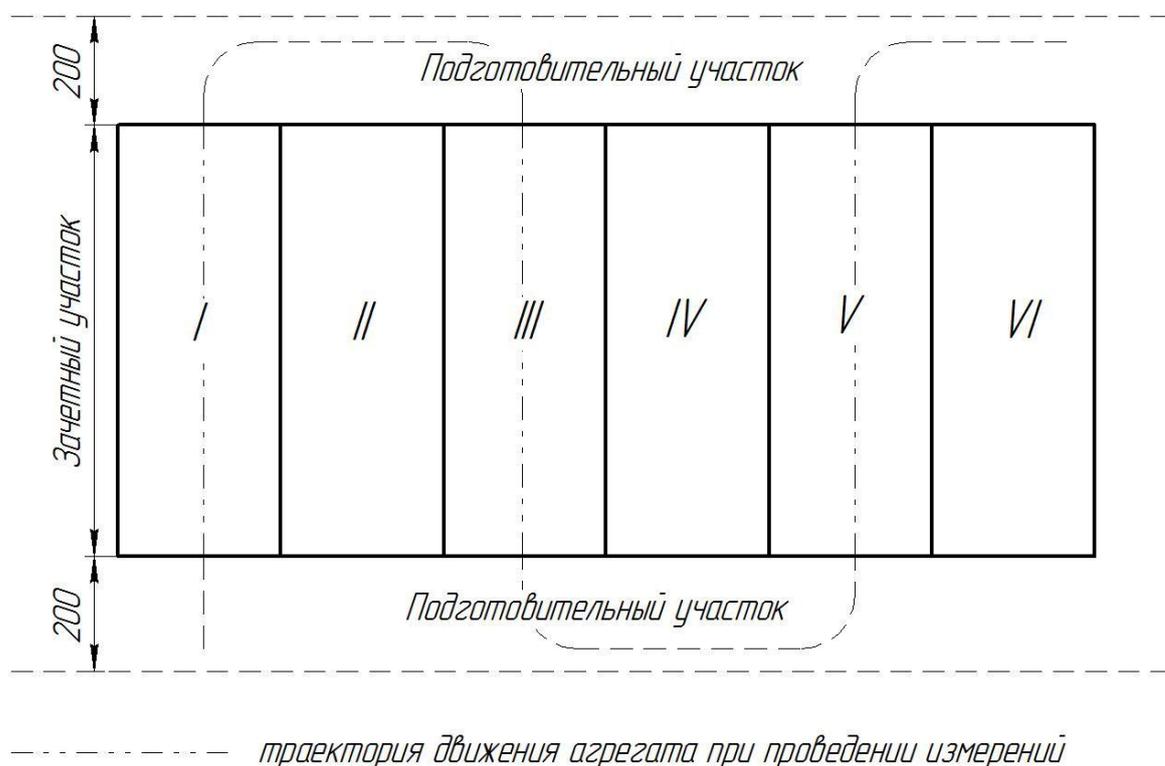


Рисунок 5.5 – Общий вид участка для проведения испытаний

Для прямолинейности движения МТА на линиях разделения загонок устанавливались визирные вешки, загонки нумеровались. В начале и конце зачетного участка отмерялись подготовительные участки шириной 200

метров.

5.2.2 Подготовка трактора для проведения исследования

Исследование проводилось на тракторе К-701 (заводской номер № 9104668, год выпуска 1991 г.) с двигателем ЯМЗ-238НД, в агрегате с плугом ПЛН-8-35 при пахоте на глубину 25–27 см (рис. 5.6). Перед проведением исследования трактор прошел ТО-2 и соответствовал техническим требованиям по эксплуатации.



Рисунок 5.6 – Общий вид агрегата К-701+ПЛН-8-35

Для проведения исследований на трактор устанавливалась информационная система. Датчик положения рейки ТНВД устанавливался вместе с ТНВД (рис. 5.7), после прохождения тестирования и регулировки на стенде КИ-22010.

Для установки датчиков частоты вращения хвостовика ведущего моста и вала привода ТНВД были изготовлены кронштейны (рис. 5.8). Кронштейн датчика оборотов хвостовика ведущего моста крепился к крышке

подшипника главной передачи переднего моста (рис. 5.9).

Маркером является фланец хвостовика, на котором имелись две симметричные кольцевые проточки прерывающие электрический сигнал.

Кронштейн датчика оборотов вала привода ТНВД крепился к крышке корпуса распределительных шестерен (рис. 5.10). Маркером для датчика являются две соединительных втулки механизма привода ТНВД.

Для определения соответствия фактического расхода топлива и показаний ИС, на трактор устанавливался дублирующий дифференциальный расходомер топлива DFM (рис. 5.11).

Схема подключения дифференциального расходомера в систему питания двигателя топливом представлена на рисунке 5.12. расходомер устанавливался в подкапотном пространстве с левой стороны трактора (рис. 5.13).



Рисунок 5.7 – Установка датчика положения рейки на ТНВД

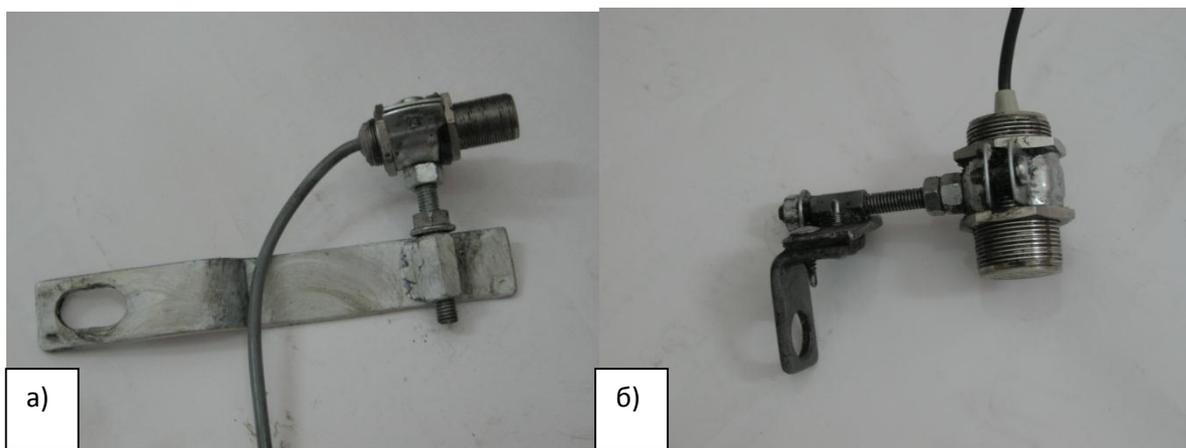


Рисунок 5.8 – Кронштейны установки датчиков

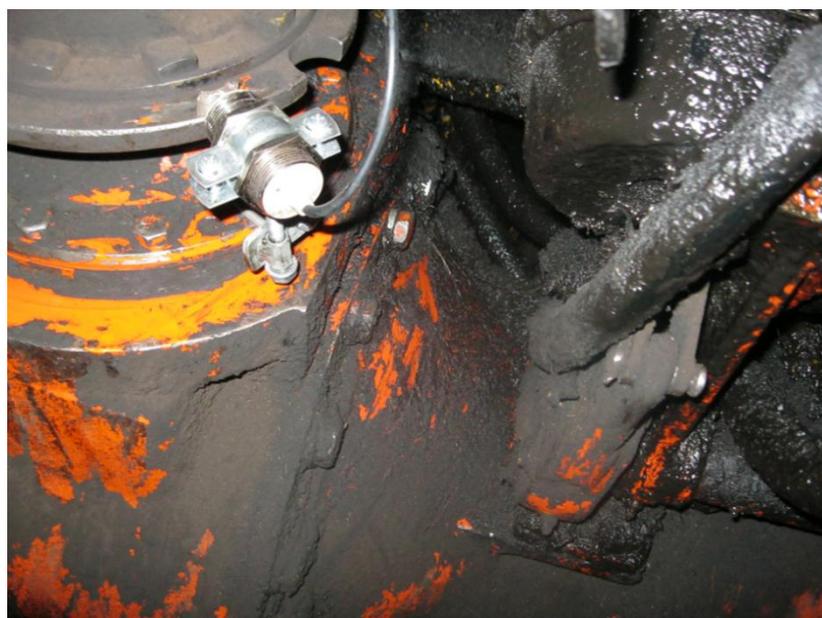


Рисунок 5.9 – Установка датчика оборотов хвостовика вала ведущего моста

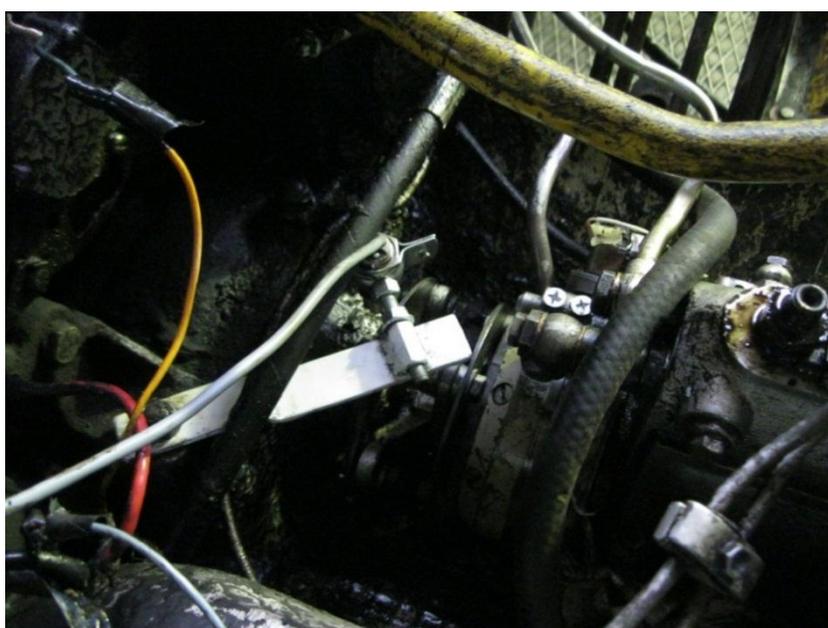


Рисунок 5.10 – Установка датчика оборотов вала привода ТНВД



Рисунок 5.11 – Дифференциальный расходомер DFM

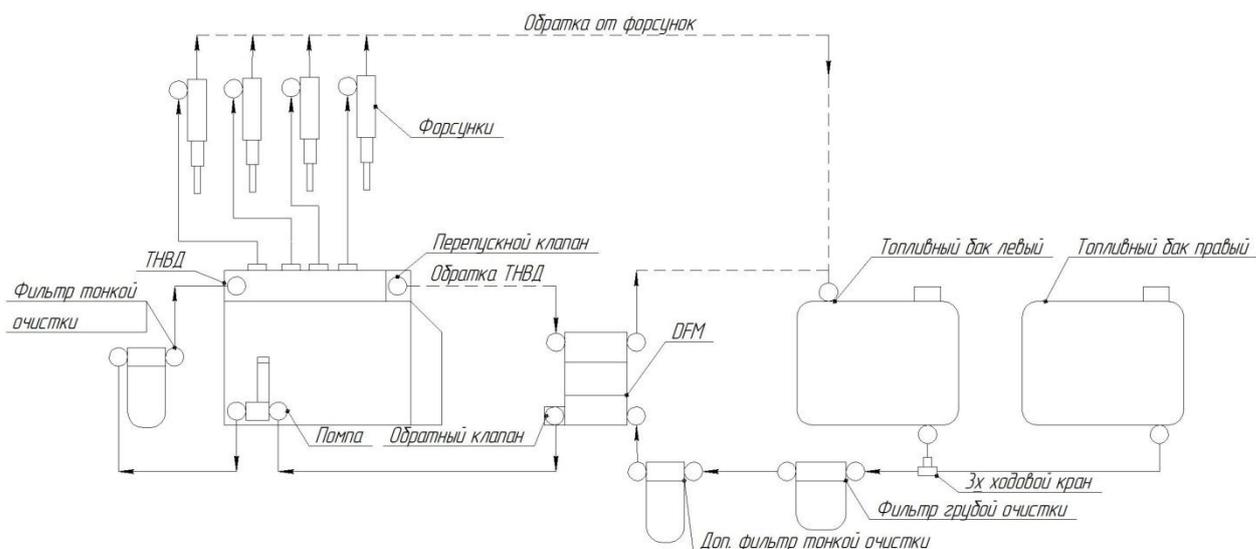


Рисунок 5.12 – Схема подключения дифференциального расходомера к системе питания двигателя топливом

Панель ИС с корпусом крепилась на переднем вертикальном лонжероне кабины (рис. 5.14). Контроллер вместе с источником стабилизированного напряжения, устанавливался в корпусе (рис. 5.15) который крепился под приборной панелью. После установки элементов информационной системы происходило их трассирование и подсоединение расходомера к контроллеру. Питание информационной системы проводилось

от бортовой сети трактора.



Рисунок 5.13 – Установка дифференциального расходомера на тракторе



Рисунок 5.14 – Установка панели ИС в кабине трактора



Рисунок 5.15 – Установка контроллера ИС в кабине трактора

5.2.3 Методика проведения полевого опыта

Для проведения полевого опыта по исследованию информационной системы в составе МТА была разработана общая методика (представленная в 3 главе), и частные методики по определению искомых величин в соответствии с задачами экспериментального исследования:

- 1 Определение степени соответствия показателей фактической рабочей скорости и часового расхода топлива показателям ИС.
- 2 Обоснование топливно-экономической эффективности ИС при выборе эксплуатационных режимов работы МТА.
- 3 Проверка адекватности математической модели результатам эксплуатационных исследований.

5.2.3.1 Методика определения соответствия показателей фактического часового расхода топлива показаниям информационной системы

Степень соответствия фактического часового расхода топлива

показаниям информационной системы определяется коэффициентом соответствия K_{Gr} из выражения (5.12).

$$K_{Gr} = \frac{G'_{оп}}{G_{оп}} \quad (5.12)$$

где $G'_{оп}$ – расход топлива за опыт по показаниям ИС, л; $G_{оп}$ – фактический расход топлива, л.

Фактический расход топлива определялся дифференциальным расходомером DFM.

Методика проведения опыта:

1 Производилось подключение расходомера DFM к контроллеру.
2 Механизатором выполнялся пуск двигателя трактора и его прогрев до температуры 85–90°C. Оператор проводил включение информационной системы и вводил в оперативную память установочные параметры, соответствующие решению поставленной задачи.

3 МТА въезжал на подготовленный участок, в сторону зачетного. При движении на подготовительном участке механизатор устанавливал прямолинейность движения, необходимую скорость и производил заглабление плуга. На всем протяжении зачетного участка тракторист устанавливал и поддерживал постоянные обороты двигателя ($n_{дв} = 1750$ об/мин), ориентируясь на показания ИС.

4 После проведения опыта на экране панели отображались: Z_3 – число импульсов заборной секции расходомера, Z_0 – число импульсов обратной секции расходомера; $t_{оп}$ – время опыта, сек; $G_{оп}$ – расход топлива за опыт по показаниям ИС.

5 Проводилось определение коэффициента соответствия расхода топлива по показаниям и информационной системы $G'_{оп}$ и дифференциального расходомера топлива $G_{оп}$.

Фактический расход топлива определялся по следующей аналитической зависимости.

$$v_d = v_3 - v_0, \quad (5.13)$$

где v_d – объем топлива, подаваемый ТНВД в цилиндры двигателя, л; v_3 –

объем топлива, поступающий из бака, л; v_o – объем топлива, сливающийся в бак, л.

$$\text{или} \quad v_d = (Z_3 - Z_0)\rho, \quad (5.14)$$

где ρ – цена одного импульса, см³.

Расход топлива за опыт определяется по следующей зависимости.

$$G'_{\text{оп}} = \frac{Z_3 - Z_0}{t} \rho, \text{ [л/га]} \quad (5.15)$$

Затем определяется коэффициент соответствия $K_{\text{Гр}}$, который вводился в алгоритм расчета (5.12).

5.2.3.2 Методика определение степени соответствия фактической рабочей скорости показаниям информационной системы

Степень соответствия фактической рабочей скорости показаниям информационной системы определяется коэффициентом соответствия $K_{\text{вр}}$ (5.16).

$$K_{\text{вр}} = \frac{V'_{\text{оп}}}{V_{\text{оп}}} \quad (5.16)$$

где $V'_{\text{оп}}$ – скорость движения МТА по показаниям ИС, км/час; $V_{\text{оп}}$ – фактическая скорость МТА, км/час.

Фактическая рабочая скорость определяется расчетным путем через ее среднее значение.

$$V_{\text{ср}} = 3,6 \frac{S}{t} \quad (5.17)$$

где S – длина ездки, м; t – время ездки, сек.

Методика проведения опыта:

1 Механизатором выполнялся пуск двигателя трактора и его прогрев до температуры 85–90°C.

2 Оператор проводил включение информационной системы и вводил в оперативную память установочные параметры, соответствующие решению поставленной задачи. Вводилось «0» значение величины буксования.

3 МТА въезжал на подготовленный участок, в сторону зачетного.

При движении на подготовительном участке механизатор устанавливал необходимую постоянную скорость движения ориентируясь на показания ИС и производил заглабление плуга.

4 При пересечении границы зачетного участка МТА на экране панели отображалось пройденный путь и время опыта.

5 Затем определялась средняя скорость движения МТА по показаниям ИС, и коэффициент соответствия K_{vp} (5.16).

$$V_{cp} = 3,6 \frac{S'}{t} \quad (5.18)$$

где S' – пройденный путь по показаниям ИС, м.

5.2.3.3 Методика обоснование топливно-экономической эффективности использования ИС при выборе эксплуатационных режимов работы МТА

Для обоснования топливно-экономической эффективности использования ИС была разработана соответствующая программа.

Программа проведения исследования включала в себя два этапа:

– на первом этапе механизатор выбирал режим работы МТА исходя из своего опыта и квалификации, то есть на интуитивном уровне, информационная система в этом случае выполняла роль регистратора;

– на втором этапе выбор режима работы МТА осуществлялся с помощью информационной системы.

Оценочными параметрами, как на первом этапе, так и на втором являлись часовая производительность МТА и погектарный расход топлива.

Последовательность выполнения опытов первого этапа.

1 Механизатором выполнялся пуск двигателя трактора и его прогрев до температуры 85-90°C.

2 Оператор проводил включение информационной системы и вводил в оперативную память установочные параметры, соответствующие решению поставленной задачи. Оператором в память ИС вносились: ширина

захвата агрегата V_p и величина буксования δ . Движение агрегата производилось «челночным» способом.

3 При движении на подготовительном участке механизатор устанавливал прямолинейность движения, необходимую скорость и производил заглабление плуга.

4 При пересечении границы зачетного участка МТА оператором производилось включение записи регистрируемых параметров. После прохождения границы зачетного участка производилось окончание записи.

5 При въезде на подготовленный участок механизатором выполнялось выглабление плуга и остановка МТА. Затем оператор считывал результаты опыта и заносит в журнал проведения исследований.

6 Далее проводилась повторная езда в обратном направлении по другой загонке.

Последовательность выполнения опытов второго этапа исследования.

1 Механизатором выполнялся пуск двигателя трактора и его прогрев до температуры 85-90°C.

2 Оператор проводил включение информационной системы и вводил в оперативную память установочные параметры, соответствующие решению поставленной задачи. Оператором в память ИС вводились следующие установочные параметры: ширина захвата агрегата V_p ; допустимые значения рабочей скорости V_{pmin} и V_{pmax} ; эталонный погектарный расход топлива $G_{этга}$ и величина буксования δ . Движение агрегата производилось также «челночным» способом.

3 При движении на подготовительном участке механизатор устанавливал прямолинейность движения, необходимую скорость и производил заглабление плуга.

4 При пересечении границы зачетного участка МТА оператором производилось включение записи регистрируемых параметров. После прохождения границы зачетного участка производилось окончание записи.

5 При въезде на подготовленный участок механизатором

выполнялось выглубление плуга и остановка МТА. Затем оператор считывал результаты опыта и заносит в журнал проведения исследований.

6 Далее проводилась повторная езда в обратном направлении по другой загонке.

Результаты исследований вносились в журнал проведения исследований.

5.2.3.4 Методика проверки адекватности математической модели по результатам экспериментальных исследований

Для проверки адекватности математической модели, приведенной во втором разделе, экспериментальные исследования проводилась на трех передачах II-2, II-3, III-2 при передаточных отношениях трансмиссии $i_{тр1} = 66,85$, $i_{тр2} = 55,47$ и $i_{тр3} = 49,85$ соответственно при изменении оборотов двигателя от 1300 до 1750 мин⁻¹, с последующим сравнением с результатами полученных при расчетно-теоретическом обосновании эффективности использования ИС полученных во 2 главе.

Методика проведения исследования.

1 Механизатором выполнялся пуск двигателя трактора и его прогрев до температуры 85-90°C.

2 Оператор проводил включение информационной системы и вводил в оперативную память установочные параметры, соответствующие решению поставленной задачи. В оперативную память ИС вносились следующие установочные параметры: ширина захвата агрегата и величина буксования.

3 При выезде на подготовительный участок механизатор устанавливал необходимую передачу и обороты двигателя.

4 При пересечении границы зачетного участка МТА оператором производилось включение записи регистрируемых параметров. После прохождения границы зачетного участка производилось окончание записи.

5 Далее проводилась повторная ездка в обратном направлении по другой загонке.

Результаты исследования фиксировались в журнале проведения исследования.

5.3 Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований

5.3.1 Обработка и анализ результатов калибровки датчика положения рейки ТНВД

Результаты калибровки датчика положения рейки ТНВД приведены в таблице 5.1. В результате анализа полученных данных исследования установлено, что величина сигнала датчика положения рейки v имеет обратную линейную зависимость от цикловой подачи $Q_{ц}$ ТНВД и описывается выражением.

$$Q_{ц} = K_{ц} v + 1,7687$$

где $K_{ц} = 3,08 \cdot 10^{-3}$ мА

Таблица 5.1 – Результаты калибровки

| № | Вылет рейки ТНВД, мм | Цикловая подача, мм ³ | Величина сигнала, мА |
|---|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1 | 0 | 180,4 | 50,0 |
| 2 | 2,5 | 175,0 | 64,3 |
| 3 | 5,25 | 155,0 | 134,5 |
| 4 | 8,2 | 120,0 | 175,0 |
| 5 | 11,7 | 95,0 | 234,0 |
| 6 | 15,1 | 60,0 | 378,3 |

$$v = K_{ц} Q_{ц} \quad (5.19)$$

На рисунке 5.16 графическая зависимость величины выходного сигнала v от цикловой подачи. Основная погрешность измерения, определенная по ранее приведенной методике [118] не превышает 3,8 %.

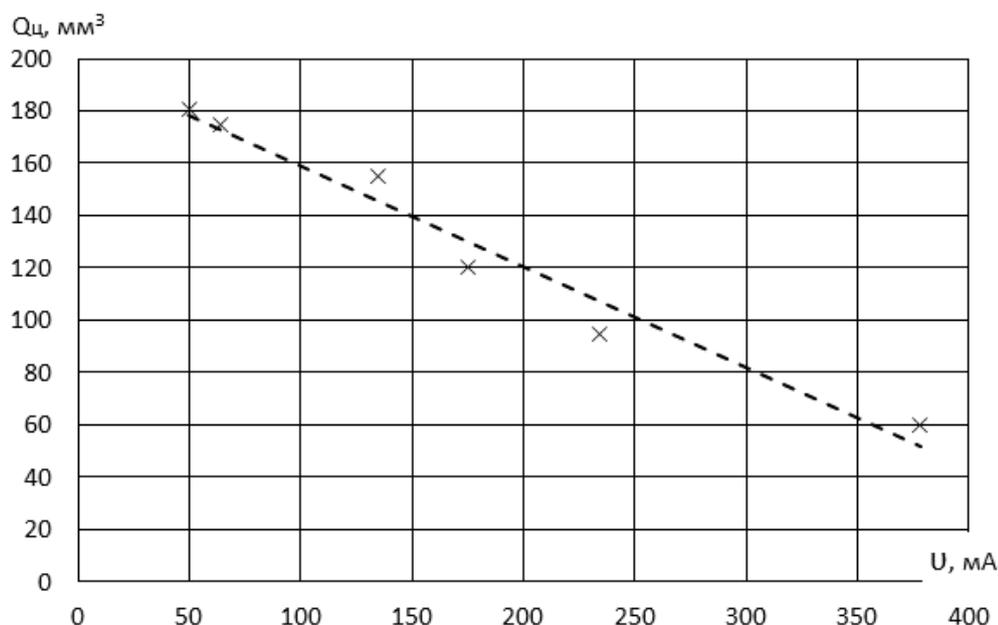


Рисунок 5.16 –Зависимость величины выходного сигнала от цикловой подачи одной секции ТНВД

5.3.2 Результаты определения соответствия показаний ИС скорости и часового расхода топлива расчетным значениям

В результате обработки результатов проведенных исследований установлено соответствие показаний ИС с расчетными значениями. $K_V = 1$, $K_G = 1$.

5.3.3 Результаты определения соответствия фактической рабочей скорости и показаний ИС

Результаты экспериментальных исследований показаний ИС и фактической рабочей скорости представлены на рисунках 5.17–5.19.

Анализ результатов показывает, что фактическая рабочая скорость, определяемая как средняя скорость движения МТА, меньше скорости по показаниям ИС. Так при работе МТА на II режиме 2 передачи, несоответствие составляет от 7,3 % при скорости 5,45 км/ч до 10,2 % при скорости 7,2 км/ч. Наибольшее несоответствие наблюдается при движении на III режиме 3 передачи от 8,5 % при скорости 7,19 км/ч до 14,2 % при скорости 9,35 км/ч.

Несоответствие фактической скорости движения МТА и показаний ИС связано с буксованием трактора, вызываемое силой сопротивления агрегатируемой машины, которая возрастает с увеличением скорости движения [1].

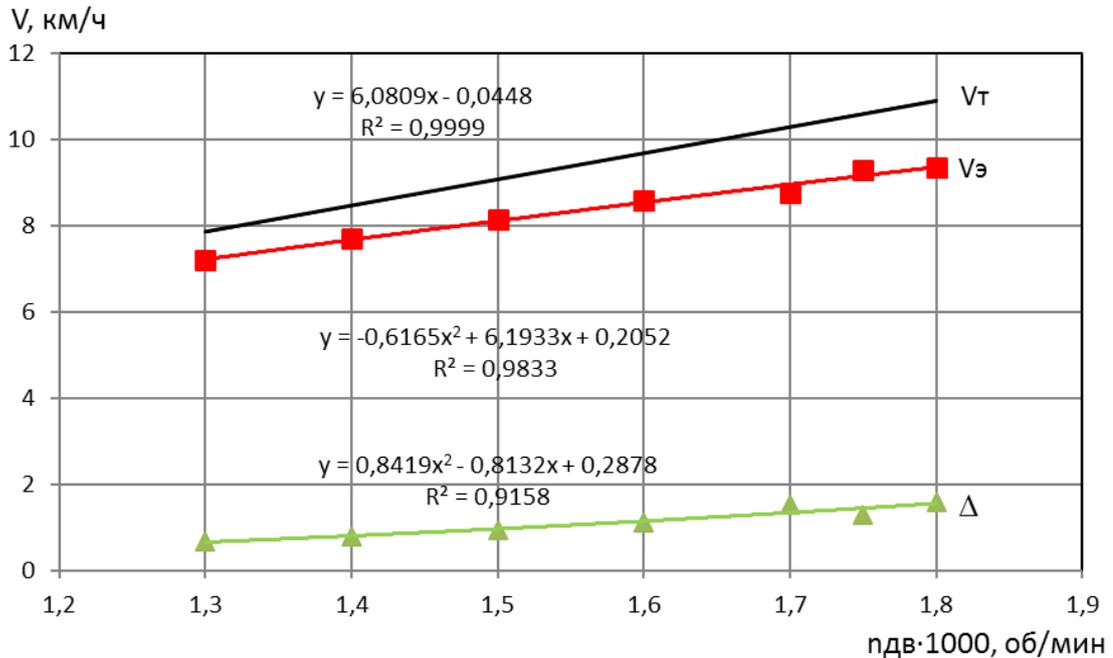


Рисунок 5.17 – Зависимость теоретической и рабочей скорости от оборотов двигателя при $i_{тр} = 49,85$

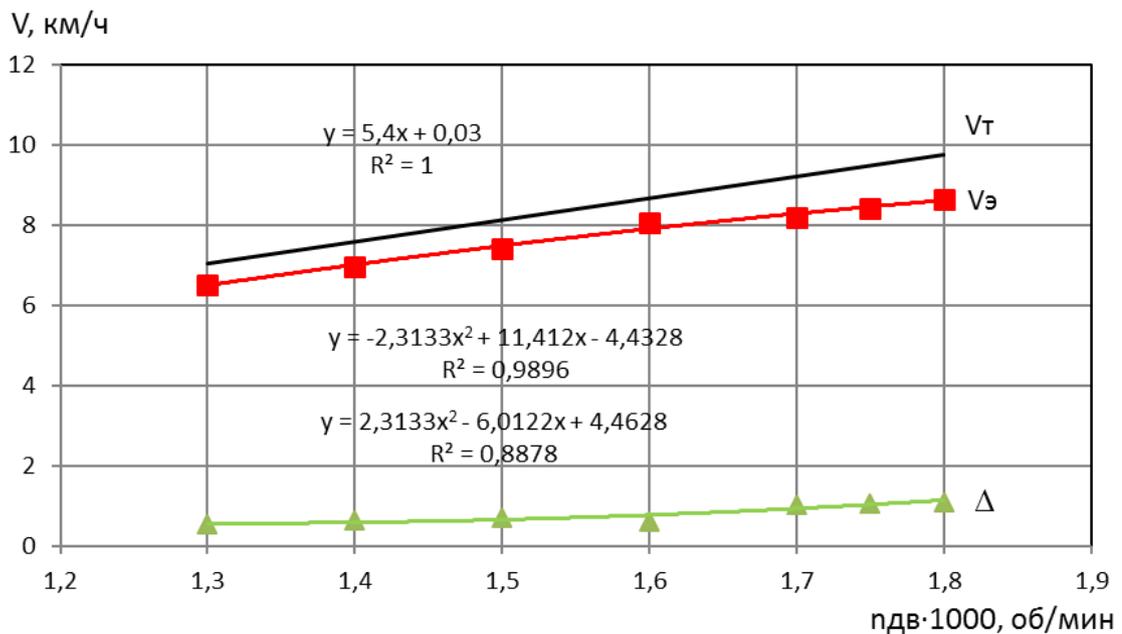


Рисунок 5.18 – Зависимость теоретической и рабочей скорости от оборотов двигателя при $i_{тр} = 55,47$

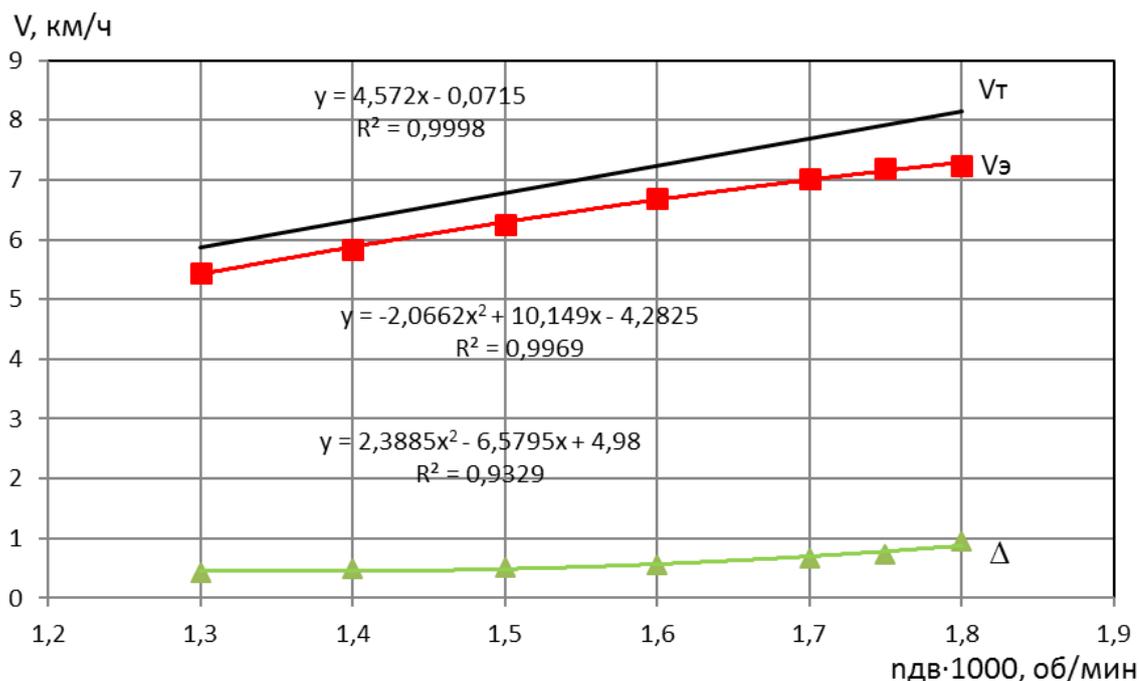


Рисунок 5.19 – Зависимость теоретической и рабочей скорости от оборотов двигателя при $i_{тр} = 66,85$

В интервале рабочих скоростей, рекомендованных для выполнения пахоты величина буксования составляет 9–13 %, что соответствует статистическим значениям на выполняемую операцию [112]. Поправочный коэффициент в виде величины буксования был предусмотрен в алгоритме программы по расчету рабочей скорости.

5.3.4 Результаты определения соответствия фактического часового расхода топлива показаниям ИС

Для **определения соответствия показаний ИС** и фактического расхода топлива, за последнее был принят расход топлива, определяемый дифференциальным расходомером DFM встроенный в систему питания двигателя топливом (рис. 5.12).

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Соответствие показаний ИС и фактического расхода топлива

| Режим работы МТА | Время опыта, мин | Число импульсов | | ΔZ | Цена импульса, см ³ | Расход топлива DFM, л | Расход топлива ИС, л | Погрешность измерения, % |
|------------------|------------------|-----------------|-------|------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| | | Z_z | Z_c | | | | | |
| П-2 | 5,48 | 675,6 | 346,8 | 328,8 | 12,5 | 3,95 | 4,06 | 2,7 |
| П-3 | 4,71 | 565,2 | 297,2 | 268,0 | | 3,24 | 3,35 | 3,2 |
| Ш-3 | 4,19 | 502,8 | 251,8 | 251,2 | | 3,03 | 3,14 | 3,5 |

В результате анализа данных полученных в ходе исследования установлено, что показания информационной системы превышают показания дифференциального расходомера на 2,7–3,5%. Последнее объясняется различием температур топлива в головке топливного насоса t_n , топлива поступающего из бака t_6 , и топлива слива t_c , которые влияют на его объемное расширение [125-128].

$$V_2 = (1 + \Delta t \beta) \times V_1, \quad (5.19)$$

где V_1 – объем топлива при 20°C; Δt – разница в температурах, $\Delta t = t_d - 20$; t_d – действительная температура топлива; β – температурная поправка.

Численное решение уравнения (5.19) показала достоверность полученных результатов. Полученная погрешность является допустимой для определения погектарного расхода топлива, так как она получена в реальных условиях эксплуатации.

5.3.5 Результаты обоснования эффективности использования ИС при выборе эксплуатационных режимов МТА

Проведение обоснования топливно-экономической эффективности использования ИС производилось в два этапа. На первом этапе ИС использовалась в качестве регистратора для определения производительности и определения погектарного расхода топлива. На втором этапе механизатор выбирал режим руководствуясь показаниями ИС. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Сравнительный анализ экспериментальных исследований ИС

| № п/п | Режим работы | Часовая производительность, га/час | Сменная производительность, га/см | Погектарный расход топлива, л/га | Общий расход топлива, л |
|-------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1 | Режим без ИС | 2,45 | 19,60 | 22,60 | 402,90 |
| 2 | Режим с ИС | 2,76 | 22,50 | 17,70 | 398,25 |
| | Сравнение | 12,6 % | 14,7 % | 16,3 % | 1,16 % |

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что при использовании ИС производительность увеличилась на 12,6 % при снижении погектарного расхода топлива на 16,3 %, сменная производительность увеличилась на 14,7 % при этом расход топлива за смену практически не изменился. Повышение эффективности эксплуатации при использовании ИС объясняется тем, что при работе без нее механизатор выбрал режим II-3, как наиболее стабильный, и работал практически при одной частоте вращения к/в двигателя. При использовании ИС механизатор провел сравнение показаний ИС на режимах II-3 и III-3, выбрал наиболее экономичный режим и во время работы маневрировал частотой вращения к/в двигателя для его поддержания.

Результаты проведенных эксплуатационных исследований показали высокую эффективность применения ИС. Это объясняется тем, что при выборе режима эксплуатации МТА механизатор маневрировал частотой вращения к/в двигателя, ориентируясь на показания ИС, которая при этом превышала номинальную, то есть двигатель работал на не спадающей ветви регуляторной характеристики [63]. Без применения ИС механизатор устанавливал одну частоту вращения к/в двигателя близкую к номинальной. В ряде работ отмечается [63-65] повышение эффективности МТА при работе двигателя на оборотах выше номинальной, то есть на не спадающей ветви регуляторной характеристики, трудности заключаются в определении этого положения и поддержании в процессе эксплуатации. Анализ регуляторной характеристики двигателя ЯМЗ-238НД показал, что нецелесообразно

превышать номинальную частоту вращения к/в двигателя более чем на 12–15 %, следовательно $K_k = 1,12–1,15$.

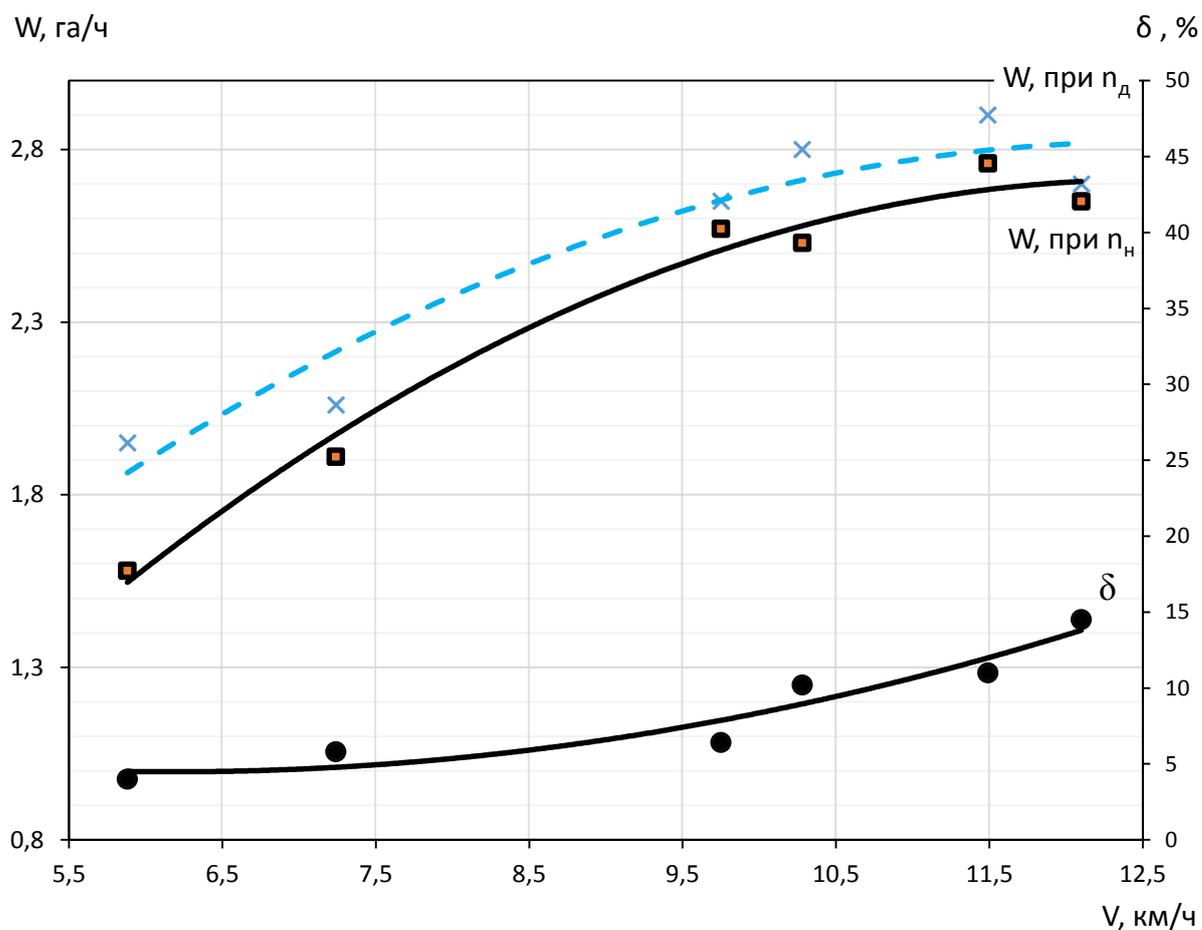


Рисунок – 5.20 Влияние скоростного режима МТА на его эксплуатационные показатели при работе двигателя с применением корректирующего коэффициента

В результате проведенных исследований было установлено (рис. 5.20), что для данного случая эксплуатации, эффект наблюдается в области рекомендуемых скоростей для выполнения пахоты то есть от 6 до 9,5 км/ч. При дальнейшем повышении скорости, в результате повышения буксования эффективность работы на оборотах выше номинальных значительно снижается. Для выбора и поддержания данного режима работы двигателя необходимо расширение функций ИС, а именно введение функций определения буксования и мощности двигателя.

5.3.6 Проверка адекватности математической модели результатам экспериментальных исследований

Как отмечалось ранее, для проверки адекватности математической модели исследования проводилась на трех передачах II-2, II-3, III-2 при передаточных отношениях трансмиссии $i_{тр1} = 66,85$, $i_{тр2} = 55,47$ и $i_{тр3} = 49,85$ соответственно. Для сопоставления теоретических и экспериментальных данных на поверхности отклика (рис. 2.16), были проведены сечения, соответствующие передаточным отношениям экспериментальных исследований, представленных на рисунке. 5.21.

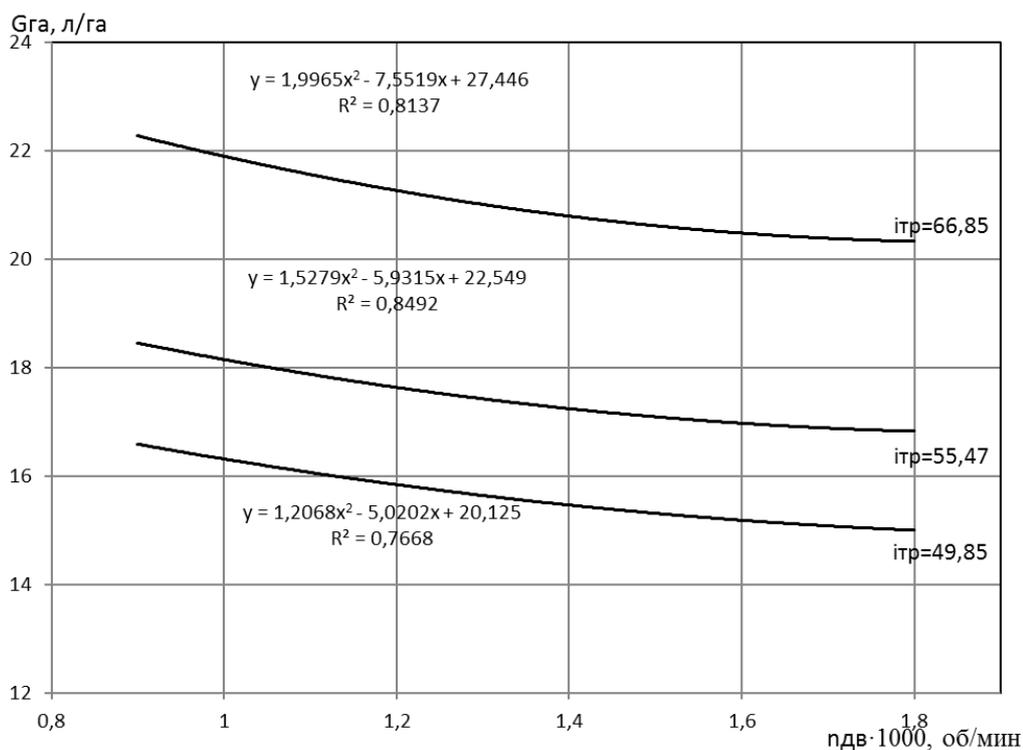


Рисунок 5.21 – Сечения поверхности отклика теоретического погектарного расхода топлива при различных $i_{тр}$

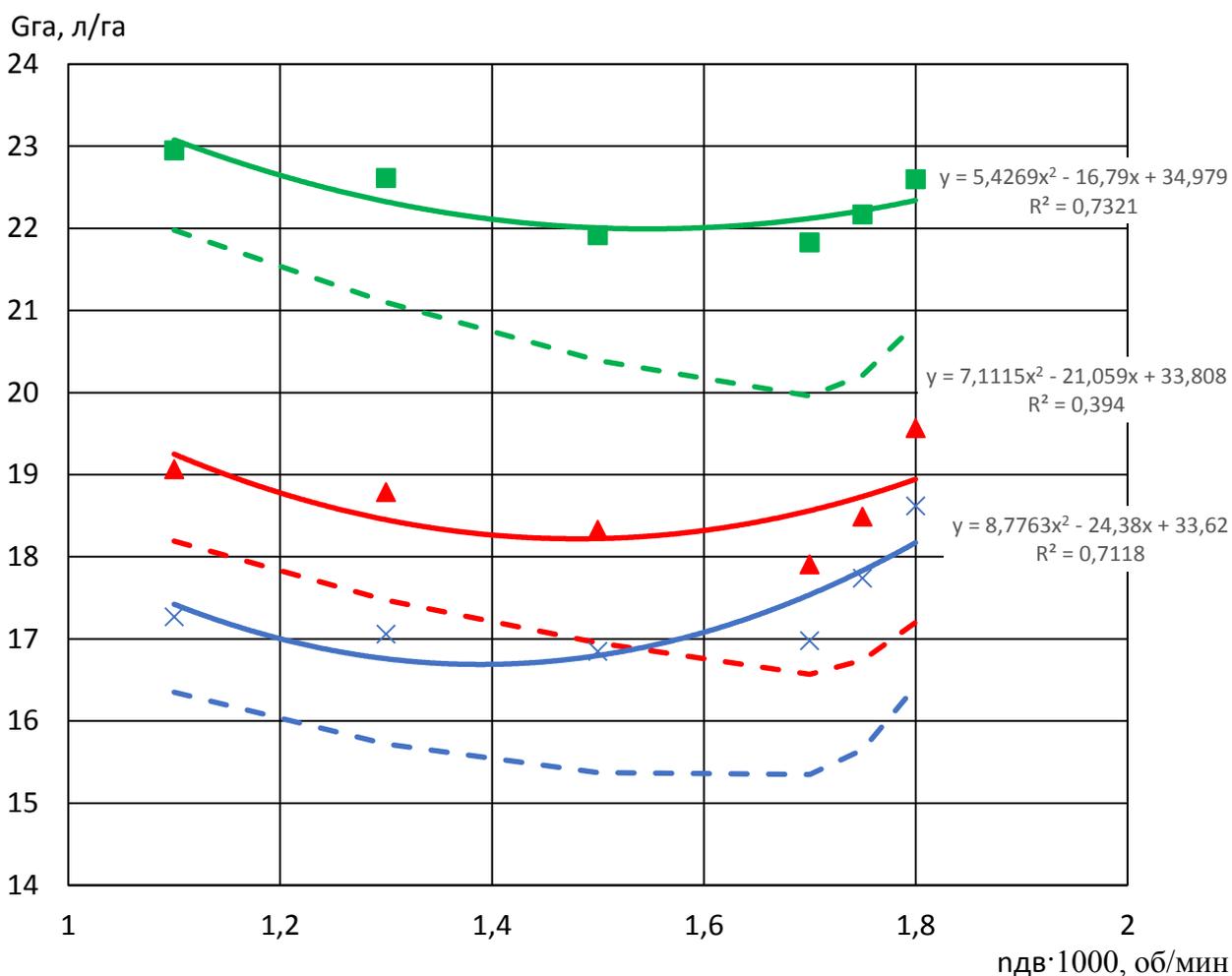


Рисунок 5.22 – Зависимость теоретического и экспериментального погектарного расхода топлива от оборотов двигателя

— эксперимент; --- теория. ■ – $i_{тр} = 66,85$; ▲ – $i_{тр} = 55,47$; × – $i_{тр} = 49,85$.

Результаты сравнительных исследований представлены в виде графических зависимостей на рисунках 5.22, которые аппроксимируются полиномом 2–3 порядка.

Анализ приведенных графиков показывает расхождение между теоретическими и фактическими результатами, которое возрастает с уменьшением передаточного числа трансмиссии и увеличением частоты вращения двигателя. Статистическая значимость полученных результатов оценивалась по критерию Фишера – Снедекора [114] и колеблется от 0,03 до 0,15, при нормативном уровне 0,05. Последнее объясняется тем, что в выражение (2.30) вводилась постоянная величина буксования $\delta = 11\%$.

Фактическая же величина буксования (рис. 5.17–5.19) изменялась в

интервале от 7,3% при передаточном отношении $i_{тр} = 66,85$, до 14,2% при передаточном отношении $i_{тр} = 66,85$. С увеличением буксования, при прочих равных условиях, производительность МТА снижается, что и приводит к увеличению погектарного расхода топлива. С учетом корректировки, на фактическую величину буксования, значимость полученных результатов, по критерию Фишера – Снедекора изменяется от 0,047 до 0,051.

Выводы по разделу

1 Расход топлива отображаемый на экране планшета информационной системы имеет погрешность измерения 2,7–3,5 %, которая обусловлена различием температур топлива в головке ТНВД и топлива поступающего из бака. Данная погрешность не превышает допустимую – 5 %, и является приемлемой для реальных условий эксплуатации.

2 При определении фактических значений рабочей скорости и производительности МТА, в алгоритм их расчета необходимо вводить величину буксования, характерную для выполнения конкретной сельскохозяйственной операции, последнее предусмотрено программным обеспечением контроллера.

3 Анализ результатов исследований показывает, что изменение эксплуатационного режима работы МТА (частоты вращения коленчатого вала и рабочей скорости) адекватно отображается на экране планшета. Более существенное влияние на погектарный расход топлива оказывает передаточное отношение трансмиссии. Так при работе МТА с передаточным отношением трансмиссии 66,85 (режим П-2) при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1700 мин^{-1} погектарный расход топлива составляет 22,95 л/га, а при передаточном отношении 55,47 (режим П-3) – 21,83 л/га то есть на 17,5 % меньше. Варьирование оборотами коленчатого вала двигателя в пределах одного режима приводит к изменению погектарного расхода топлива, в зависимости от передачи на 5,8–9,8 %.

4 Проверка адекватности математической модели, реализованная в программе Microsoft Excel по критерию Фишера – Снедекора показала

достаточно высокую сходимость с результатами экспериментальных исследований: от 0,03 до 0,15 без учета величины буксования, от 0,047 до 0,051 с учетом величины буксования. При нормативном уровне 0,05.

5 Использование информационной системы позволяет, за счет выбора оптимального режима работы МТА, снизить погектарный расход топлива до 16 % и увеличить часовую производительность до 12 %, сменную до 14 %.

6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МТА

Для определения экономической эффективности использования информационной системы в составе МТА необходимо:

- определить затраты на модернизацию трактора;
- сравнить издержки образовавшиеся в результате работы МТА со штатной комплектацией трактора и оснащенного информационной системой.

При расчете экономической эффективности принимались имеющиеся значения коэффициентов тарифных ставок и стоимость макетного образца. Обоснование проводилось в соответствии с принятыми методиками [127-129].

6.1 Определение затрат на модернизацию

Для определения годового эффекта от внедрения информационной системы необходимо подсчитать ее стоимость.

$$C_{II} = C_{IP} + C_M + \frac{C_{IP} \cdot HP(\%)}{100}, \quad (6.1)$$

где $C_{пр}$ – основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с начислениями на социальное страхование, приходящаяся на изготовление данного устройства, руб.; C_M – стоимость материалов, руб.; $HP(\%)$ – прочие (накладные) расходы, руб.

Основная заработная плата складывается из оплаты установки оборудования на трактор. Опытным путем установлено, что установка займет 3 часа, при условии, что работают 2 работника. Тогда $3 \cdot 120 = 360$ руб.

$$C_{пр} = 360 \cdot 2 = 720 \text{ рублей.}$$

Начисления по социальному страхованию 30,0 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, тогда заработная плата составляет:

$$C_{пр} = 720 + 0,3 \cdot 720 = 936 \text{ руб.}$$

где C_m – стоимость материалов и деталей, израсходованных на изготовление устройства, руб.

Таблица 6.1 – Материалы и покупные изделия

| Наименование материалов и покупных изделий | Количество | Стоимость, руб. | |
|--|------------|-----------------|--------|
| | | единицы | всего |
| Контролер | 1 | 14000 | 14000 |
| Панель | 1 | 8000 | 8000 |
| Блок питания | 1 | 1500 | 1500 |
| Датчик положения рейки ТНВД | 1 | 6000 | 6000 |
| Датчик оборотов | 2 | 600 | 1200 |
| Программное обеспечение | 1 | 5000 | 5000 |
| Кронштейны | 3 | 1000 | 3000 |
| Соединители | 5 | 50,0 | 250,00 |
| Итого: | | | 38700 |

Накладные расходы по изготовлению прибора примем в размере 250 % от суммы заработной платы исходя из фактически сложившейся по данному предприятию.

$$C_{п} = 936 + 38700 + \frac{936 \cdot 250}{100} = 41976 \text{ руб.}$$

6.2 Издержки образовавшиеся в результате работы МТА со штатной комплектацией трактора и оборудованного информационной системой при выполнении с.-х. работ

Выбор лучшего варианта осуществления данных работ определяется методом сравнения по следующим технико-экономическим показателям:

- капитальные вложения;
- себестоимость работы;
- годовая экономия эксплуатационных затрат.

Капитальные вложения (B , руб.) связанные с приобретением трактора, складываются из отпускной цены и затрат, связанных с доставкой машин и подготовкой их к работе:

$$B = C \cdot K_{ц}$$

где C – отпускная цена, руб.; $K_{ц}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты по доставке и наладке ($K_{ц} = 1,12$).

Стоимость К-701 составляет 3 600 000 рублей.

$$B_c = 3600000 \cdot 1,12 = 4032000 \text{ руб.}$$

Стоимость К-701 с предлагаемой установкой определили ранее:

$$B_H = 4032000 + 41976 = 4073976 \text{ руб.}$$

Определим себестоимость работ по формуле:

$$C = C_{зп} + C_A + C_G + C_{тр} + C_H \quad (6.2)$$

где C_A – величина амортизационных отчислений, руб.; $C_{зп}$ – заработная плата, руб.; C_G – затраты на топливо и смазочные материалы, руб.; $C_{тр}$ – затраты на текущий ремонт и ТО, руб.; C_H – накладные расходы, примем в размере 50% от суммы предыдущих затрат.

Определим амортизационные отчисления:

$$C_A = \frac{B \cdot a}{100 \cdot T \cdot W_{ч}} \quad (6.3)$$

где B – балансовая стоимость оборудования; a – норма амортизационных отчислений, %; T – средняя годовая загрузка по нормативным справочникам ($T = 800$ ч) [127], $W_{ч} = 16$ га/ч [128].

$$C_{AC} = \frac{4032000 \cdot 10}{100 \cdot 800 \cdot 16} = 31,5 \text{ руб./га}$$

$$C_{AH} = \frac{4073976 \cdot 10}{100 \cdot 800 \cdot 16} = 31,8 \text{ руб./га}$$

Определим затраты на заработную плату обслуживающего персонала:

$$C_{зп} = \frac{\sum C_{ч} \cdot Ч \cdot K_з}{W_{час}} \quad (6.4)$$

где $Ч$ – количество рабочих, чел.; $C_{ч}$ – часовая тарифная ставка

соответствующего разряда работы, руб.; K_3 – коэффициент, учитывающий различные виды доплат и начислений ($K_3 = 1,8$).

Затраты на заработную плату одинаковы для сравниваемых вариантов.

$$C_{зп} = \frac{95 \cdot 1 \cdot 1,8}{16} = 10,7 \text{ руб./га}$$

Затраты на топливо и смазочные материалы:

$$C_{Г} = \mathcal{E}_e \cdot \mathcal{C}_Г \cdot K_{см} \quad (6.5)$$

где \mathcal{E}_e – удельный расход энергоресурсов, кг/га (11,7 кг/га из нормативных справочников [127]); $\mathcal{C}_Г$ – цена 1 кг топлива, руб. $\mathcal{C}_Г = 35,0$ руб./кг.; $K_{см}$ – коэффициент, учитывающий затраты на смазочные материалы $K_{см} = 1,15$.

$$C_{Гс} = 35 \cdot 11,7 \cdot 1,15 = 470,9 \text{ руб./га}$$

$$C_{Гн} = 35 \cdot 10,53 \cdot 1,15 = 423,8 \text{ руб./га}$$

Определим затраты на текущий ремонт и ТО:

$$C_{ТР} = \frac{B \cdot a_2}{100 \cdot T \cdot W_{час}} \quad (6.6)$$

где T – годовая загрузка (2210 ч.), исходя из того, что брали условно площадь посева 5128 га, то $W_{ч} = 2,32$ га/час.; a_2 – норма отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание, %;

$$C_{ТРС} = \frac{4032000 \cdot 9,9}{100 \cdot 2210 \cdot 2,32} = 77,8 \text{ руб./га}$$

$$C_{ТРН} = \frac{4073976 \cdot 9,9}{100 \cdot 2210 \cdot 2,32} = 78,6 \text{ руб./га}$$

Накладные расходы:

$$C_{Н} = 0,5 \cdot (C_A + C_{зп} + C_{Г} + C_{ТР}) \quad (6.7)$$

Для существующего:

$$C_{НС} = 0,5 \cdot (31,5 + 10,7 + 470,9 + 77,8) = 295,5 \text{ руб./га}$$

Для нового:

$$C_{НН} = 0,5 \cdot (31,8 + 10,7 + 423,8 + 78,6) = 272,5 \text{ руб./га}$$

Себестоимость единицы работ по существующему оборудованию:

$$C_C = 31,5 + 10,7 + 470,9 + 77,8 + 295,5 = 886,4 \text{ руб./га}$$

Себестоимость единицы работ по предлагаемой установке:

$$C_H = 31,8 + 10,7 + 423,8 + 78,6 + 272,5 = 817,4 \text{ руб./га}$$

Годовая экономия эксплуатационных затрат:

$$\mathcal{E}_T = (C_C - C_H) \cdot T \cdot W_{\text{час}} \quad (6.8)$$

$$\mathcal{E}_T = (886,4 - 817,4) \cdot 2210 \cdot 2,32 = 353\,777 \text{ руб.}$$

Таблица 6.2 – Результаты технико-экономического анализа

| Показатели | МТА Штатная комплектация | МТА Оборудованный информационной системой |
|---|--------------------------------|--|
| Балансовая стоимость трактора К-701, руб | 4 032 000 | 4 073 976 |
| Затраты на заработную плату, руб/га. | 10,7 | 10,7 |
| Стоимость ГСМ, руб/га. | 470,9 | 423,8 |
| Нормы отчисления на ТО и ремонт, руб/га. | 77,8 | 78,6 |
| Накладные расходы, руб/га. | 295,5 | 272,5 |
| Себестоимость единицы работы, руб/га. | 886,4 | 817,4 |
| Годовая экономия эксплуатационных затрат, руб. | 353 777 | |
| Расчётный срок окупаемости информационной системы, год | 0,12 | |

Выводы по разделу

Проведенный технико-экономический анализ показал, что применение установки вместо существующей является экономически целесообразным. Годовая экономия эксплуатационных затрат составит 353 777 руб. Это достигается за счет экономии топлива на 10–14 % (установлено опытным путем), в нашем расчете мы брали 10 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Анализ существующих исследований в области эксплуатации МТА показал, что одним из основных направлений в повышении их эффективности является применение технических средств контроля эксплуатационных показателей. Критерием эффективности эксплуатации МТА является погектарный расход топлива.

2 Проведенное теоретическое обоснование эксплуатационных факторов, определяющих эффективность МТА показал, что при прочих равных условиях, существенное влияние оказывают обороты коленчатого вала двигателя и передаточное отношение трансмиссии. Получена математическая модель и уравнение регрессии влияния частоты вращения коленчатого вала двигателя и передаточного отношения трансмиссии на погектарный расход топлива. Расчетно-теоретическое решение аналитической зависимости показала сопоставимость теоретических результатов с типовыми нормами погектарного расхода топлива трактора «Кировец» при выполнении пахоты с плугом ПЛН-8-35.

3 Разработанный и изготовленный опытный образец информационной системы (патент № 2560210), позволяет в режиме реального времени, измерять и регистрировать основные показатели работы МТА: часовой, общий, рабочий и погектарный расход топлива, обороты коленчатого вала двигателя, рабочую скорость, производительность часовую и общую. Регистрируемые показатели отображаются на экране планшета, как в числовом, так и в графическом виде. Функция, черный ящик, позволяет осуществлять контроль за работой механизатора и расходом топлива. Информационная система автономна и ее установка не требует изменения конструкции трактора.

4 Эксплуатационные исследования показали, что изменение эксплуатационного режима МТА адекватно отображается на экране планшета, наибольшее влияние на погектарный расход топлива оказывает

передаточное отношение трансмиссии. Так при работе МТА на втором режиме второй передачи ($i_{тр} = 66,85$) при частоте вращения коленчатого вала двигателя 1700 мин^{-1} погектарный расход топлива составляет 22,95 л/га, а на том же режиме третьей передачи ($i_{тр} = 55,47$) – 21,83 л/га то есть на 17,5 % меньше. Варьирование оборотами коленчатого вала двигателя при $i_{тр} = \text{const}$ приводит к изменению расхода топлива на 5,8–9,8 %, в зависимости от величины передаточного отношения. Использование информационной системы позволяет за счет выбора оптимального эксплуатационного режима МТА снизить погектарный расход топлива до 16,3 % и увеличить часовую производительность до 12,6 %, сменную до 14,7 %. Проверка адекватности математической модели, реализованная в программе Microsoft Excel по критерию Фишера – Снедекора показала достаточно высокую сходимость с результатами экспериментальных исследований: от 0,03 до 0,15 без учета величины буксования и 0,04–0,051 с учетом величины буксования, при нормативном уровне 0,05.

5 Расчет экономической эффективности применения предлагаемой информационной системы показал, что годовой экономический эффект составляет 353 777 руб. на 1 агрегат. Срок окупаемости 0,12 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учебник. - М.: КолосС, 2008. - 320 с.: ил.
2. Технология организации выполнения работ тракторов К-700 К-701. – Алма-Ата.: Кайнар, 1982 г. – 120 с.
3. Н. А. Красников Динамика развития АПК зависит от кадрового потенциала: Журнал Профессиональное образование и рынок труда. Спец выпуск, «АлтерПринт», 2013 г. – с. 18-21.
4. С.В. Дульзон Роль технико-технологического обеспечения в углублении профессионально-квалификационного разделения труда в сельском хозяйстве: Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 4 (102), 2013 с. 124-126.
5. Кутепов Б.П. Повышение технологической надежности системы «оператор комбайн» на уборке зерновых культур: Автореф. дис. д-ра техн. ф наук. Челябинск, 1987. 45 с.
6. А. Н. Пугачев Потерям зерна - надежный заслон: / 159 с. ил. 21 см. 2-е изд., перераб. и доп. М. Колос 1981
7. Денисов, А.А Эффективное использование мощности колесных сельскохозяйственных тракторов. Методическое пособие /А.А. Денисов, Ю.А. Тырнов. Тамбов, 1990. - 48 с.
8. Жукевич, К.И. Оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологий Текст. / К.И. Жукевич // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1981, №6, с. 4-6.
9. Зангиев, А.А. Обоснование оптимальных параметров взаимосвязанных агрегатов при поточной организации полевых работ / А.А. Зангиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства Текст.- 1985.- № 4.- с. 28-31.
10. Иофинов С. А., Скробач В. Ф., Исаева Т. Т. Оптимальный состав МТА в технологических звеньях поточных линий. Механизация и электрификация

социалистического с.-х., 1983, №3. с. 33-35.

11. Тырнов Ю. А. Методология создания средств контроля эксплуатационно-технологических показателей работы машинно-тракторных агрегатов. Воронеж: 1999. 352 с.

12. Копылов В В. Проблемы и перспективы кадрового обеспечения АПК // Экономика и управление. - 2012,- №1 (86). - С. 110-112.

13. И.В. Горбачев, А.М. Нефедов Состояние и перспективы развития тракторостроения для АПК России: Журнал Тракторы и сельхозмашины : М. : 2012г. N 1. с. 3-6.

14. Коцарь Ю.А. Повышение динамических качеств полноприводных колесных тракторов с шинами равного размера путем перераспределения ведущего момента в двигателе: Специальность 05.20.03. – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Саратов 2003. 268 с.

15. Коцарь Ю.А., Плужников С.В., Головащенко Г.А. Перспективы агропромышленного комплекса России после вступления в ВТО: Аграрный вестник Урала № 02 (108), 2013 г. с. 58-61.

16. Полухин А.А. Тракторный падеж: Журнал Агротехника и технологии, – 2013, № 3 (31). с.

17. ЕЛИСЕЕВ А.Г. Анализ структуры рынка с.-х. тракторов и комбайнов в России / Тракторы и сельхозмашины .— 2013 .– №1 .– с. 1-5.

18. Тырнов Ю.А. Разработать и внедрить рекомендации по высокопроизводительному использованию техники в областях ЦЧР. Отчет НИР, ВИИТиН, № IT 01.84.0.030337, Тамбов: 1984.

19. Тырнов Ю.А., Денисов А А Использование энергонасыщенных тракторов типа К-700 в колхозах и совхозах Центрально-Черноземной зоны - Тамбов: 1985.-39 с.

20. Денисов А.А., Тырнов Ю.А., Колесников А.В. Разработать и внедрить рекомендации по высокопроизводительному использованию техники в областях ЦЧР. Отчет НИР, ВИИТиН, № ГР 028.0.109698. Тамбов: 1985.

21. Тырнов Ю.А, Денисов АА, Колесников А В. Мощный «Кировец» ждет поддержки. // Сельские зори, 1984, с. 3.
22. Денисов А А, Косяк А Я. Анализ состояния агрегатирования тракторов К-701 на противоэрозионной обработке почвы Алма-Ата 1979,194 с.
23. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора: М.: Машиностроение 1973, с. 280.
24. Фере Н.Э. и др. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка: 2-е издание. – М.: Колос, 1978. - 256 с.
25. Файфер П. Повышение производительности, снижение потерь и сохранение качества при применении зерноуборочных комбайнов при уборке Урожая. Дрезден.: Дружба народов, 1971. С 205.
26. Киртбай Ю.К. Резервы использования машинно-тракторного парка. / Ю.К.Киртбай. М.: Колос, 1982. - 365 с.
27. Кацыгин В.В. и др. Рациональные параметры энергонасыщенных тракторов и машинно-тракторных агрегатов. -Минск.: Ураджай,1976. -160 с.
28. Линтварев Б.А. Научные основы повышения производительности земледельческих агрегатов . БТИ ГОСИТИ, -М.: 1962. - 606с.
29. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов /А.Б. Лурье. Л.: Колос, 1981. - 382 с.
30. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Ч. 3. - Л. : Колос, 1976. - 142 с. - Б. ц.
31. Юлдашев А.К. Динамика рабочих процессов двигателя машинно-тракторных агрегатов / А.К. Юлдашев - Казань, Татарское кн. изд - во, 1980, 142 с.
32. Кипшакбаев И.К. Исследования влияния приведенного момента инерции МТА и степени нечувствительности регулятора на показатели работы дизеля при неустановившейся нагрузке: Автореф. дис. канд. техн. наук / И.К. Кипшакбаев. -М.: 1963.-24 с.
33. Хробостов С.Н. Эксплуатация машинно- тракторного парка [Текст] : учебники и учеб. пособия для с.-х. техникумов. - М.: Колос, 1966. - 528 с.

34. Горячкин, В. П. Собрание сочинений [Текст] : в 3 т. Т.1 / В.П. Горячкин; Ред. Н.Д. Лучинский. - Москва : Колос, 1965.
35. Гаврилов Ф.И. Методы анализа использования сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1971. - 263 е., ил.
36. Полканов И.П. Теория и расчет машинно-тракторных агрегатов: Изд. 2-е, перераб. и дополн.-М.:Машиностроение, 1964.-255 с.
37. Кутьков Г. М. Тяговая динамика тракторов / Г. М. Кутьков 215 с. ил. 21 см. М. Машиностроение, 1980.
38. Денисов А.А., Тырнов Ю.А., Нефедченко С.Ф. Рациональное использование мощности тракторов. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1989, № 6. С. 40-43.
39. Гируцкий О. И., Есеновский-Лашков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля: М.: Транспорт, 2000. — 213 с.
40. Еновский-Дашков Ю.К., Баранов В.В., Раскин В.Е., Меламед К.Б. Бесступенчатые фрикционные трансмиссии автомобилей. П. Легковые автомобили и автобусы / Обзорная информация. М.: НАМИ, 1990. - 48 с.
41. Покровский Г.П. Электроника в системах подачи топлива автомобильных двигателей: М.: Машиностроение, 1990. — 176 с.
42. Белов СМ, Галюжин С. Д. Основы построения систем автоматического переключения передач тракторов, // Тракторы и сельхозмашины, 1975,9.-е. 11.
43. Ксенович И.П., Тарасик В.П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов. М.: Машиностроение, 1979. 90 с.
44. Дорменев С.И, Бацдин СИ Зарубежные тракторы М: ЦНИИТЭИ Тракторосельмаш, 1981, с. 7-16.
45. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с.
46. Болтинский В.Н. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. – М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1949.
47. Морозов, А.Х. Устойчивость скоростного режима машинно-

тракторного агрегата / А.Х. Морозов // Труды Волгоградского СХИ, т. 39, 1971.

48. Харитончик Е.М Способы определения сопротивления перекачиванию трактора по данным тяговой характеристики. Зап. Воронежского СХИ, 1976, 48.

49. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика: Пер. с англ. А. Э. Габлиэляна; Под. ред. и с предисл. Ю. А. Смирнова. - М.: Агропромиздат, 1986. - 349 с.

50. Морозов А.Х. О возможности вариантной системы регулирования числа оборотов дизеля.// Тракторы и сельхоз машины, 1970, 1, с. 18.

51. Г.Б. Шилевский. Об учете буксования при выборе режимов работы автоматизированных систем. // Тракторы и сельхозмашины, 1985, 4, с. 14-15.

52. Терехов А.П. Метод оптимизации параметров агрегатов, «Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства», 1975 г., № 5, с. 54-56.

53. Лурье А.Б., Нагорский И.С. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления: Л.: Колос, 1979. - 312 с., ил.

54. Шахмаев М.В. Обоснование эффективности использования тракторов в колхозах и совхозах. / М.В. Шахмаев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, № 10, 1983, с. 32-36.

55. Бусленко Н.П., Калашников Н.Н., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. Учебное пособие, - М.: Советское радио, 1973. - 441 с.

56. Киртбая Ю.К. Основы теории использования машин, в сельском хозяйстве. -М.: Машгиз, 1957. 319 с.

57. Иофинов С.А., Сысенко Г.П., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1984. - 351 с.

58. Болтинский В.Н. Мощность тракторного двигателя при работе с неустановившейся нагрузкой и ее определение // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1959. №2, с.3-8.

59. Чернов Б. А Исследование взаимосвязи между степенью загрузки двигателя, его мощностью и тяговым КПД колесного трактора при

неустановившейся нагрузке Автореф. дис. на соиск. степ. канд. тех. наук. - Мелитополь: 1970 - 20 с.

60. Иофинов С.А., Демидов В.П., Очир-Горяев В.П. Оценка загрузки тракторного двигателя //Контроль и оценка использования МТА в эксплуатационных условиях: Сб. научн. тр. /ЛСХИ.- Л.- Пушкин, 1982.- с. 38-41.

61. Сабанцев Г.А. Оптимизация загрузки тракторного двигателя при переменной нагрузке // Труды ВИМ — М: 1988, т. 116 184 с.

62. Барам Х.Г. Научные основы технического нормирования механизированных полевых работ. М.: Колос, 1970, -460 с.

63. Любарец В.А. Улучшение эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата путем совершенствования режимов загрузки двигателя с газотурбинным наддувом. Автореф. дис. канд. техн. наук. Челябинск, 1980. - 20 с.

64. Денисов А.А., Косяк А.Я., Белан М.М., Родичев В.А., Соловейчик А.Е. Эффективность применения сигнализатора загрузки двигателя. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1982, № 2, с. 41. 43.

65. Белан М.М. Повышение эффективности использования сельскохозяйственного трактора путем выбора рациональных режимов работы двигателя. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. тех наук. - Челябинск, 1987.-23 с.

66. Юлдашев А.К. Динамика рабочих процессов двигателя машинно-тракторных агрегатов / А.К. Юлдашев - Казань, Татарское кн. изд - во, 1980, 142 с.

67. Агеев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. -Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1978, - 296 с.

68. Агеев Л. Е. К прогнозированию оптимальных параметров и режимов работы МТА Текст. / Л. Е. Агеев, М. Н. Солиев // Зап. ЛСХИ. Л., 1978. -Т. 350.-С. 41-43.

69. Вайнруб В.И., Догановский М.Г. Повышение эффективности использования энергонасыщенных тракторов в Нечерноземной зоне. Л.: Колос, 1982. 224 с.
70. Взоров Б.А., Молчанов К.К., Тrepснoв И.И. Снижение расхода топлива сельскохозяйственными тракторами путем оптимизации режимов работы двигателей // Тракторы и сельхозмашины.- 1985. №6. С. 10-14.
71. Глотов С.В. Оценка эффективности функционирования тракторов.- Саранск: Тип. «Красный Октябрь», 2003. 188 с.
72. Медведев, В.И. Выбор оптимальных параметров почвообрабатывающей техники с использованием методов виброреологии и многокритериальной оценки// В.И. Медведев. Чебоксары, 2000. - 98 с.
73. Дементьев А.М. Использование ЭВМ при оптимизации энергетических параметров МТА // Тракторы и сельхозмашины. 2010. - № 10. – С. 31-33.
74. Ларин, Н.С. Оптимизация режимов работы МТА при выполнении технологических операций / Н.С. Ларин, Н.Ф. Полковников, Р.Н. Полковников // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 9. – с. 25.
75. Калачин С.В. Исследование динамических свойств машинно-тракторного агрегата [Текст] / С.В. Калачин // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. статей V Междунар. на- уч.-практ. конф. : в 3 кн. – Барнаул, 2010. – Кн. 2.– С. 470 – 472.
76. Касаткин А.С. Эффективность автоматизированных систем контроля. М.: Энергия, 1975. – 88 с. — (Библиотека по автоматике. Выпуск 254).
77. Провести испытания, откорректировать техническую документацию сигнализатора загрузки двигателя для трактора К-701. Отчет НИР, ВИИГиН № ГР. 029.10.016739. Тамбов: 1990.
78. Агеев Л.Е. Гусев Б.И., Глотов С.В. Сверхмощные тракторы сельскохозяйственного назначения. Л.: Агропромиздат, 1986. - 415 с.
79. Либеров И.Е. Автоматизация учета выработки тракторов // Науч. тр. Рязан. СХИ. Рязань, 1957. Вып.4. С. 99-117.

80. Коробочкин И. В., Кульков О. В., Городецкий В. Б. «Роботомер». АФИ, Патент СССР № 303541, БИ № 16 от 13.05.71.
81. Ваганов Р.Г., Шиговицкий В.Н. Исследования системы отбора задресселированного давления в эксплуатационных условиях Труды ЛСХН 1968, 121 с.
82. Тамиров М.Л., Евстратов А.М., Забегалин В.К., Цвик Б.Д. «Указатель загрузки двигателя внутреннего сгорания». ВИМ, АС № 787703, БИ № 46 от 15.12.80.
83. Деркаев А.А., Глотов С.В., Савельев А.П., Гусев Б.И. «Устройство для сигнализации загрузки дизельного двигателя». Мордовский ГУ, АС № 1337696, БИ № 34 от 15.09.87.
84. Бельских В.И. Новые бестормозные методы определения мощности дизелей / В.И. Бельских, В.А. Чечет, Н.Т. Иванов// Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1977. №7. С. 44-46.
85. Евланов Л.Г. Контроль динамических систем. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. - 432 с.
86. Калачин С. В. Способы и средства контроля эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов [Текст] / С. В. Калачин // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Саранск, 2009. – С. 173 – 176.
87. Тырнов Ю.А, Денисов А.А. Сигнализатор загрузки двигателя. -Тамбов: ЦНТИ, 155-86,1986.
88. Тырнов Ю.А Сигнализатор загрузки двигателя. Тамбов: ЦНТИ, 101-87,1987.
89. Михлин В.М. Оптимизация допускаемого отклонения структурного параметра состояния с учетом влияния случайной погрешности измерения Текст. / В.М. Михлин, А.Н. Самоходский // Надежность и контроль качества.- 1980.-№ 1.-С. 50-56.
90. Савельев А.П. Повышение эффективности функционирования

машинно-тракторного агрегата за счет совершенствования диагностирования тракторов в динамических режимах Текст. : автореф. дис. . д-ра техн. наук / А. П. Савельев. СПб., 1994. - 35 с.

91. Савельев А.П. Допустимые режимы работы МТА Текст. / А.П. Савельев, С.В. Глотов, С.В. Калачин // Тракторы и сельхозмашины. -2001.- №4.-С. 30-34.

92. Калачин С.В. Оптимизация режимов работы машинно-тракторного агрегата на основе непрерывного контроля интенсивности изменения его эксплуатационных параметров. Дис. на соиск. уч. ст. док. тех наук. - Саранск, 2011.-368 с.

93. Дикарев В.И., Медведев В.М., Койнаш Б.В., Смоленцев С.Г., Шилим И.Т. «Расходомер топлива». Мордовский ГУ, Патент РФ № 2014569, 15.06.94.

94. <http://www.deere.ru>.

95. <http://www.bosch.ru>.

96. <https://www.daimler.com>.

97. Бортовая электроника на тракторах фирмы «РЕНО». Информационное сообщение. НАТИ – М: 1988, 10.

98. <http://www.rockwellautomation.ru>.

99. <http://www.denso-am.ru>.

100. Иофинов С.А., Гевейлер Н.Н. Контроль работоспособности тракторов Л.: Машиностроение, Ленингр, отд-ние, 1985, 283 с.

101. Калачин С.В. Анализ способов контроля параметров безопасности технических систем Текст. / С.В. Калачин // Вестн. Ульян. ГСХА. 2006. -№ 1(2).-С. 54-56.

102. Глотов С.В. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов за счет совершенствования контроля эксплуатационных параметров тракторов. Дис. на соиск. уч. ст. док. тех наук. - Саранск, 2004.-370 с.

103. Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности.

Безопасность технологических процессов и производств. (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов/П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. — 4-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 2007. — 335 с.: ил.

104. Калачин С.В. Контроль эффективности функционирования машинно-тракторного агрегата Текст.: моногр. / С.В. Калачин / науч. ред. д-р техн. наук проф. А. П. Савельев. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2009. - 144 с.

105. Новиков Г. В. Эффективность применения автоматики в сельскохозяйственной технике Текст. / Г. В. Новиков // Тракторы и сельхозмашины. -2007. -№ 11.-С. 20-23.

106. Тырнов Ю.А. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов совершенствованием систем контроля режимов их работы. Дис. на соиск. уч. ст. док. тех наук. - Тамбов, 2001.-333 с.

107. Самсонов, В. А. К методологии оценки энергетической эффективности трактора / В. А. Самсонов, Ю. Ф. Лачуга // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2015. - № 6. - С. 21-23. - 3 табл.

108. Лебедев А.Т., Наумов О.П., Магомедов Р.А. и др. «Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов»: монография - Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та. 2015. - 332 с.

109. Иншаков А.П. «Повышение энергетической эффективности машинно-тракторных агрегатов в сельском хозяйстве» Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. по спец. 05.20.01 - технологии и средства механизации сельского хозяйства. - Саранск: Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарева, 2003.

110. Берёзкина К.С. «Организационно-экономические аспекты управления развитием машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций» Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Ижевск, 2008. – 175 с.

111. Евграфов А.Н., Петрушов В.П. Расчет нормальной жесткости шин для оценки их эксплуатационных показателей // Автомобильная

промышленность. 1977. - №3. - С.20-22.

112. Антонов А.П., Антышев Н.М. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов // Альбом-справочник. 1978г. 240 с.

113. Пантюхин М.Г., Безверхний Л.И., Березин Н.А. и др. Справочник по тракторам Кировец // М.: Колос, 1982. – 271 с.

114. Козлов, А. Ю. Статистический анализ данных в MS Excel : учеб. пособие : [гриф УМО] / А. Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 320 с. : ил. – (Высшее образование) .

115. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний // М.: Стандартиформ, 2013.

116. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний // М.: Стандартиформ, 2013.

117. Лихачев В.Г. Испытания тракторов. - М.: Машиностроение, 1974 - 235 с.

118. Абелев Е.А. и др. Методика статистической обработки на ЭВМ результатов испытаний и исследований сельскохозяйственных агрегатов и их АСУ. Л.-Пушкин, 1977, с.35.

119. Веденяпин В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1973. - 199 с.

120. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. Л.: Колос, 1970. - 376 с.

121. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента // М.: Наука. ФИЗМАТЛИТ, 1971 г. - 192 с.

122. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов // М.: Мир, 1974. – 464 с.

123. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений // М.: Наука, 1970. – 104 с.

124. ГОСТ 30745-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей // М.: Стандартиформ, 2013.

125. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности // М.: Стандартинформ, 2013.
126. ГОСТ Р 54273-2010 Нефть и нефтепродукты. Руководство по таблицам измерения параметров // М.: Стандартинформ, 2013.
127. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть 2. Нормативно-справочный материал/ Под ред. Шпилько А.В. и др. Москва-1998-251 с.
128. allspectech.com
129. Пасько В.И., Щербакова Н.А, Емелин Ю.Б. практикум по экономике технического сервиса на предприятиях АПК6 учебное пособие.-Саратов, 2011.-50 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Директор СПК «им. В.И. Чапаева»
Петровского района, Саратовской
области

 70128015 Трунилин С.И.

АКТ

о проведении сравнительных эксплуатационных исследований
МТА на пахоте в составе трактора К-701 и плуга ПЛН-8-35,
штатного исполнения и оборудованного информационной
системой ИС-1

Комиссия в составе представителей СПК «им. В.И. Чапаева» – главного инженера Мазяркина П.Н., тракториста Мазяркина В.И. и представителей Саратовского ГАУ д.т.н., профессора Коцарь Ю.А., магистранта Кадухина А.И., составили настоящий акт, в том, что в СПК «им. В.И. Чапаева» с 15 октября по 5 декабря 2015 года проводились сравнительные исследования пахотного агрегата с трактором К-701 (ЗН № 9104668) оборудованного информационной системой ИС-1, разработанной с ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». Нарботка трактора во время исследования составила 115 мото-часов.

Установлено, что пахотный агрегат, состоящий из трактора К-701 и плуга ПЛН-8-35 и оснащенный информационной системой ИС-1, при выполнении вспашки зяби, фон стерня яровой пшеницы, имел погектарный расход топлива на 12-16% ниже, чем без информационной системы ИС-1, при незначительном снижении производительности 4-6%.

от СПК «им. В.И. Чапаева»
Петровского района, Саратовской
области

Главный инженер

 Мазяркин П.Н.

Тракторист

 Мазяркин В.И.

от ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им.
Н.И. Вавилова»

Д.т.н., профессор

 Коцарь Ю.А.

Аспирант

 Кадухин А.И.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе ФГБОУ ВО
«Саратовский ГАУ им. Н.И.
Вавилова», д.э.н., профессор

Воротников И.Л.



УТВЕРЖДАЮ

Директор СПК «им. В.И. Чапаева»
Петровского района, Саратовской
области

Трунилин С.И.



АКТ

**внедрения законченной научно-исследовательской и
опытно-конструкторской работы**

от «7» декабря 2015 г.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова» д.т.н., профессора Коцарь Ю.А. и аспиранта Кадухина А.И., с одной стороны и представитель СПК «им. В.И. Чапаева» Петровского района Саратовской области главный инженер Мазяркин П.Н., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в СПК «им. В.И. Чапаева» проводились сравнительных эксплуатационных исследований пахотного агрегата в составе трактора К-701 и плуга ПЛН-8-35, штатного (серийного) исполнения и экспериментального исполнения. Трактор экспериментального исполнения оснащался информационной системой ИС-1 по выбору топливо-экономического режима работы МТА и контроля расхода топлива.

Перечень выполненных работ

1. Изготовлен опытный образец информационной системой ИС-1 (патент РФ № 2560210 от 24.10.2013), которая состоит из: датчиков определения частоты вращения хвостовика редуктора ведущего моста, частоты вращения вала привода ТНВД и положения (вылета) рейки ТНВД, контроллера, панели индикации, блока стабилизированного питания и соединительных кабелей.
2. Произведен монтаж элементов опытного образца информационной системы ИС-1 на тракторе К-701.
3. Осуществлены пуско-наладочные работы, в результате которых было проведено тестирование ИС-1, с определением соответствия фактических размеров рабочей скорости и часового расхода топлива показаниям ИС-1.
4. Выполнен комплекс сравнительных эксплуатационных исследований пахотного агрегата с трактором штатной комплектации и трактора оснащенного информационной системой ИС-1, по технико-экономическим показателям.

Технико-экономические показатели внедрения ИС-1

1. Монтаж и эксплуатация информационной системы ИС-1 на тракторе не требует изменения его конструкции. Подключение дифференциального расходомера топлива DFM к системе питания трактора, при выполнении тестирования ИС производится с незначительными трудозатратами.

2. Результаты сравнительных эксплуатационных исследований МТА при выполнении вспашки зяби с трактором штатного (серийного) исполнения и оснащенного информационной системой ИС-1, показывают, что при использовании ИС-1 происходит снижение 12-16% погектарного расхода топлива и незначительное 4-6% снижение производительности, по сравнению с трактором штатной комплектации. Классность механизатора, при использовании системы ИС-1 не оказывает существенного влияния на технико-экономические показатели МТА.

от ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им.
Н.И. Вавилова»

Д.т.н., профессор

 Коцарь Ю.А.

Аспирант

 Кадухин А.И.

от СПК «им. В.И. Чапаева»

Главный инженер

 Мазяркин П.Н.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 129221

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013100728

Приоритет полезной модели 09 января 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20 июня 2013 г.

Срок действия патента истекает 09 января 2023 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Симонов", written in a cursive style.

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) RU (11) 129 221 (13) U1

(51) МПК
G01F 9/00 (2006.01)

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013100728/28, 09.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.01.2013

(45) Опубликовано: 20.06.2013 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

410012, г.Саратов, Театральная пл., 1,
ФГБОУ ВПО "Саратовский
государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова", патентный отдел

(72) Автор(ы):

Коцарь Юрий Алексеевич (RU),
Плужников Сергей Владимирович (RU),
Головащенко Геннадий Александрович
(RU),
Кадухин Антон Игоревич (RU),
Погорелов Сергей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова" (RU)

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

(57) Формула полезной модели

Измерительный комплекс, содержащий топливный бак, топливопровод высокого давления, топливопровод слива в бак, фильтр грубой очистки, фильтр тонкой очистки, топливный насос высокого давления и топливоподкачивающий насос, отличающийся тем, что измерительный комплекс снабжен теплообменником и двумя расходомерами, один из которых установлен между теплообменником и топливным баком, а второй - между теплообменником и фильтром грубой очистки.

RU 1 2 9 2 2 1 U 1

RU 1 2 9 2 2 1 U 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2560210

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной ответственностью "Исследования и разработки АГРО" (RU)*

Автор(ы): *Гаранин Эрнест Михайлович (RU), Кучеров Юрий Иванович (RU), Кадухин Антон Игоревич (RU)*

Заявка № 2013147610

Приоритет изобретения 24 октября 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 21 июля 2015 г.

Срок действия патента истекает 24 октября 2033 г.

Заместитель руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2013147610/11, 24.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.10.2013Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 24.10.2013

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2015 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 20.08.2015 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 86/02893 A1, 22.05.1986; WO
2013013915 A1, 31.01.2013. GB 2489824 A,
10.10.2012Адрес для переписки:
410000, г.Саратов, Главпочтамт, а/я 62, ООО
"ПатентВолгаСервис", А.С. Терентьеву

(72) Автор(ы):

Гаранин Эрнест Михайлович (RU),
Кучеров Юрий Иванович (RU),
Кадухин Антон Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Исследования и разработки АГРО" (RU)R U
2 5 6 0 2 1 0
C 2

(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

(57) Формула изобретения

1. Способ повышения эффективности работы машинно-тракторного агрегата (МТА), включающий определение и отображение на дисплее, установленном в кабине МТА, информации о фактической частоте оборотов дизельного двигателя и изменение оператором режимов работы агрегата, отличающийся тем, что дополнительно определяют и отображают информацию о текущем и погектарном расходе топлива и о фактически потребляемой мощности данного агрегата, а также об оптимальных режимах работы данного агрегата - оптимальной частоте оборотов для данного агрегата и оптимальном эффективном значении мощности для данного агрегата, а оператор путем изменения режимов работы МТА поддерживает мощность и частоту вращения агрегата на оптимальном уровне с учетом оптимизации погектарного расхода топлива.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что по заданному алгоритму определяют рекомендуемый режим движения агрегата и отображают его на дисплее.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что фактическую мощность определяют по заданному алгоритму по положению зубчатой рейки топливного насоса высокого давления дизельного двигателя, расходу топлива и частоте оборотов, а расход топлива определяют по положению зубчатой рейки топливного насоса высокого давления.

Основной модуль программного обеспечения работы информационной системы

```

prg_ModBus_RET;
prg_ModBus_IN;

(*Инициализируем цикл заполнения массива*)
Timer_On (IN := TRUE, PT := Count_Time_To_Cycle);
Rtrig_Timer_On (CLK := Timer_On.Q);

(*Увеличиваем значение импульсов в одном интервале*)
Counter_Input_DI_0 := Counter_Input_DI_0 + Input_DI0;
Counter_Input_DI_1 := Counter_Input_DI_1 + Input_DI1;
Counter_Input_DI_2 := Counter_Input_DI_2 + Input_DI2;
Counter_Input_DI_3 := Counter_Input_DI_3 + Input_DI3;

IF Rtrig_Timer_On.Q THEN
    Timer_On (IN := FALSE);

    (*Сдвигаем массив вправо на 1 элемент*)
    i := Cnt_Revs_On_Interval;
    WHILE (i > 1) DO
        Revs_Shaft_On_Interval[i] := Revs_Shaft_On_Interval[i - 1];
        Revs_Tang_On_Interval[i] := Revs_Tang_On_Interval[i - 1];
        Revs_Differ_IN_Interval[i] := Revs_Differ_IN_Interval[i - 1];
        Revs_Differ_OUT_Interval[i] := Revs_Differ_OUT_Interval[i - 1];
        i := i - 1;
    END_WHILE

    (*Здесь необходимо присвоить показания со счетного входа и сбросить его*)
    Revs_Shaft_On_Interval[1] := Counter_Input_DI_0;
    Revs_Tang_On_Interval[1] := Counter_Input_DI_1;
    Revs_Differ_IN_Interval[1] := Counter_Input_DI_2;
    Revs_Differ_OUT_Interval[1] := Counter_Input_DI_3;

    (*Обнуляем счетчики*)
    Counter_Input_DI_0 := 0;
    Counter_Input_DI_1 := 0;

```

```
Counter_Input_DI_2 := 0;
Counter_Input_DI_3 := 0;
```

(*Считаем средние число оборотов на интервале за единицу времени сек*)

```
Nx      := 0;
Nk      := 0;
Nd_IN   := 0;
Nd_OUT  := 0;
```

```
FOR i := 1 TO Cnt_Time_Interval DO
    Nx      := Nx  + Revs_Tang_On_Interval[i];
    Nk      := Nk  + Revs_Shaft_On_Interval[i];
    Nd_IN   := Nd_IN + Revs_Differ_IN_Interval[i];
    Nd_OUT  := Nd_OUT + Revs_Differ_OUT_Interval[i];
END_FOR
```

```
IF Debug_Mode = TRUE THEN
```

```
    Freq_Nx := Freq_Level_Nx;
    Freq_Nk := Freq_Level_Nk;
    AI0_Level := AI0_Level_Debug;
```

```
ELSE
```

```
    Freq_Nx := Nx / (_Nx *
(TIME_TO_UINT(Count_Time_To_Cycle) * Cnt_Time_Interval) / 1000);
    Freq_Nk := Nk / (_Nk *
(TIME_TO_UINT(Count_Time_To_Cycle) * Cnt_Time_Interval) / 1000);
    AI0_Level := Input_AI0;
```

```
END_IF
```

(*Считаем средние число оборотов на интервале за единицу времени в мин*)

```
tmp_sum := Freq_Nx * 60;
tmp_sum := Freq_Nk * 60;
```

(*Считаем скорость исходя их среднего количества оборотов в сек*)

```
Vx := 0.377 * Rx * Tse * Freq_Nx * 60 / lx;
```

(*Контроль скорости*)

```
IF ( Vx > Min_Limit_Speed ) AND ( Vx < Max_Limit_Speed ) THEN
    Status_Speed_Control := 0;
ELSE
```

```

IF Vx > Max_Limit_Speed THEN
    Status_Speed_Control := 2;
END_IF

IF Vx < Min_Limit_Speed THEN
    Status_Speed_Control := 1;
END_IF
END_IF

(*Пройденный путь трактора*)
Sum_Sx := Sum_Sx + Freq_Nx * 2 * 3.14 * Rx / lx;

(*Перевод скорости в км/ч*)
(* tmp_sum := Vx * 3600 / 1000; *)

(*Gx - мгновенный расход топлива за 1 час чистой работы*)

Nd_IN;
Nd_OUT;
tmp_sum := ( Nd_IN - Nd_OUT ) /
((TIME_TO_UINT(Count_Time_To_Cycle) * Cnt_Time_Interval) / 1000);

Gx := Nd_IN / ((TIME_TO_UINT(Count_Time_To_Cycle) *
Cnt_Time_Interval) / 1000) * ( Division_Value_Counter_0 / 1000 ) * 3600;
Gx := Gx - Nd_OUT / ((TIME_TO_UINT(Count_Time_To_Cycle)
* Cnt_Time_Interval) / 1000) * ( Division_Value_Counter_1 / 1000 ) * 3600;

(* Gx := 8 * Freq_Nk * 3600 * AI0_Level * Kx * Kp / 1000; *)

(*Если Рабочий режим, то рассчитываем производительность по
формуле*)
IF Gx >= Limiter_Work_Gx THEN
    (*Wx - мгновенная производительность за 1 час чистой
работы*)
    Wx := 0.1 * Vx * Vp;
    (*G - погектарный расход топлива моментальный*)
    G := Gx / Wx;
    (*Рабочий расход*)
    Sum_Gw := Sum_Gw + Gx / 3600;
ELSE
    Wx := 0;
    G := 0;

```

END_IF

(*SumG - суммарный погектарный расход топлива*)

Sum_G := Sum_G + Gx / 3600;

(*SumW - суммарная производительность, л*)

Sum_W := Sum_W + Wx / 3600;

(*Если режим наладки, то считаем обороты двигателя * 2*)

IF Debug_Mode = TRUE THEN

 Freq_Nk := Freq_Nk * 2;

END_IF

prg_Time_Result;

prg_ModBus_OUT;

prg_Reset_All_Result;

prg_TimeSyS;

END_IF;



**VIII САРАТОВСКИЙ
САЛОН ИЗОБРЕТЕНИЙ,
ИННОВАЦИЙ И ИНВЕСТИЦИЙ**

ГРАМОТА

награждается

**Коцарь Ю.А., Головащенко Г.А., Кадухин
А.И., Плужников С.В.
ФГБОУ ВПО «Саратовский
государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»**

за проект

**Аппаратурный комплекс по
определению оптимального состава
МТА**

**Министр
промышленности и энергетики
Саратовской области
С.М. ЛISOVСКИЙ**

**Ректор
Саратовского государственного
аграрного университета
имени Н.И. Вавилова
Н.И. КУЗНЕЦОВ**



Пензенская государственная
сельскохозяйственная академия

ДИПЛОМ

награждается

Кадухин Антон Игоревич

*аспирант ФТБОУ ВО «Саратовский государственный
аграрный университет им. Н.И. Вавилова»,
занявший 1 место в секции*

*«Проектирование, ремонт и эксплуатация
машин и оборудования»*

*Международной научно-практической
конференции*

*«Инновационные идеи молодых исследователей для
агропромышленного комплекса России»*

17-18 марта 2016 г.

Пенза

Ректор



О. Н. Кухарев



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ
малых форм предприятий в научно-технической сфере

ДИПЛОМ

**Победитель программы “Участник молодежного
научно-инновационного конкурса” (“УМНИК”)**

Кадухин Антон Игоревич

Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И. Вавилова

*Председатель
Наблюдательного совета*

*Генеральный директор
Фонда содействия развитию
малых форм предприятий
в научно-технической сфере*

И.М. Бортник

С.Г. Поляков







ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.И. Вавилова

СЕРТИФИКАТ

СТИПЕНДИАТА УЧЕНОГО СОВЕТА УНИВЕРСИТЕТА

*Кадухин
Антон Игоревич*

стипендия имени А.Ф. Ульянова
«За особые достижения в исследованиях в области
механизации сельскохозяйственного производства»

Ректор

Н.И. Кузнецов



Решение ученого совета университета
(протокол №5 от 22.01.2014)
Приказ №154-С от 03.02.2014

Саратов, 2014



Трагиста

НАГРАЖДАЕТСЯ

Кадухин Антон Игоревич

аспирант 2-го года обучения кафедры
«Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК»

ЗА АКТИВНУЮ НАУЧНУЮ РАБОТУ
И УСПЕШНОЕ ВЫСТУПЛЕНИЕ С ЛУЧШИМ ДОКЛАДОМ НА
КОНФЕРЕНЦИИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО
СОСТАВА И АСПИРАНТОВ ПО ИТОГАМ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ
И ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЗА 2013 ГОД

Декан АИФ 



В.А. Трушкин

Саратов 2014 г.

