

На правах рукописи

КАДУХИН Антон Игоревич

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

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» на кафедре «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК».

Научный руководитель	Коцарь Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Гребенников Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский ГТУ им. Ю. А. Гагарина», кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство» Поливаев Олег Иванович, Доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ им. императора Петра I», кафедра «Тракторы и автомобили»
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

Защита диссертации состоится «27» декабря 2016 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д220.061.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу 410056, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», а также на сайте: <http://www.sgau.ru/>.

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1. Ученому секретарю диссертационного совета Д 220.061.03; e-mail: chekmarev.v@yandex.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Чекмарев Василий Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Основным потребителем дизельного топлива в АПК при производстве сельскохозяйственной продукции является тракторный парк. На его долю приходится свыше 60 % от общего потребления энергоносителей. Повышение производительности и как следствие снижение эксплуатационного расхода дизельного топлива при выполнении тракторных механизированных работ является актуальной задачей АПК, особенно на фоне непрерывного и необоснованного роста цен на энергоносители. Решение данной задачи осложняется следующими обстоятельствами: сверхнормативным износом тракторного парка и низким уровнем квалификации кадров механизаторов. Все это является причиной неверного выбора эксплуатационных режимов МТА в реальных условиях эксплуатации, приводящего к снижению производительности и перерасходу топлива. Одним из направлений по снижению эксплуатационных затрат МТП является использование технических средств контроля за его эксплуатационными показателями. Последнее позволяет выбрать рациональный режим движения МТА и контролировать работу механизатора.

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.

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 эксплуатационные показатели 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.

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.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическое обоснование управляемых факторов, определяющих эффективность МТА, на основании которых разработана принципиальная схема информационной системы (ИС) по контролю его эксплуатационных показателей. Аналитическое выражение по определению погектарного расхода топлива в зависимости от управляемых факторов. Результаты расчетно-теоретических исследований, позволяющие проводить определение эффективности тракторов с различными ДВС.

Разработана ИС по контролю основных эксплуатационных показателей МТА в режиме реального времени (патент РФ на способ № 2560210).

Результаты экспериментальных исследований МТА при оснащении трактора ИС.

Опытный образец ИС внедрен в СПК им. В.И. Чапаева Петровского района Саратовской области.

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.

Методология и методы исследования. Методологической основой выполнения работ является системный подход к проведению анализа исследований отечественных и зарубежных ученых в области определения и выбора эксплуатационных режимов работы тракторов и МТА. Методологическим инструментом является принцип единства и многообразия, позволяющий рассмотреть связь теоретических задач с их практической значимостью.

Теоретические исследования проведены с использованием известных положений теории и конструкции тракторов и автомобилей, ДВС и эксплуатации МТП. Лабораторные исследования проводились по разработанной программе, с использованием специальной лабораторной установки, созданной на базе стенда по регулировке топливной аппаратуры. Экспериментальные исследования выполнены в реальных условиях эксплуатации МТА в соответствии с действующими ГОСТами и частными методиками. Обработка результатов экспериментальных исследований выполнялась в программе Microsoft Excel «Статистический анализ данных» с

использованием ПК.

Положения, 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 калибровки датчика положения рейки ТНВД.

Результаты проведения экспериментальных исследований МТА при оснащении трактора ИС.

Степень достоверности и апробация 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 ВПО «Саратовский ГАУ» (Саратов, 2013, 2014, 2015, 2016); на Международной конференции посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова Владимира Васильевича 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).

По результатам исследований опубликовано 9 работ, в том числе 3 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки РФ. Общий объем публикаций составляет 4,19 печ. л., из которых 1,59 печ. л. принадлежат лично соискателю, получено 2 патент на изобретение и полезную модель.

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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность и значимость темы, сформулированы: степень ее разработки, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Изложены методология и методы использования, положения, выносимые на защиту, цель и задачи исследования.

В первом разделе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследования» проведен анализ литературных источников, посвященных повышению эффективности эксплуатации МТА. Изучению вопроса эксплуатации МТА определению оценки их эффективности посвящены работы родоначальника земледельческой механики В.П. Горячкина и его последователей А.А. Зангиева, С.А. Иофинова, Ю.К. Киртбая, В.В. Кацигина, А.К. Юлдашева, С.Н. Хробыстова, И.П. Полканова, А.А. Денисова, Ю.А. Тырнова, К.И. Жукевича и др. Анализ работ показал, что в настоящее время, в связи с сокращением тракторного парка и снижением квалификации кадрового состава механизаторов, а также увеличением энергонасыщенности техники и высокой

разномарочностью сельскохозяйственных машин, одной из первостепенных задач в АПК РФ является более полное использование ее потенциальных возможностей, в том числе и МТА. Решение данной задачи невозможно без применения технических средств контроля за эксплуатационными показателями МТА. В настоящий момент времени в АПК РФ практически отсутствуют технические средства контроля, позволяющие более эффективно использовать потенциальные возможности сельскохозяйственной техники. Вопросы обоснования и разработки технических средств контроля эксплуатационных показателей МТА требуют более глубокого изучения.

Во втором разделе «Теоретическое исследование эксплуатационных факторов определяющих эффективность МТА в соответствии с выбранным критерием» представлены аналитические исследования по влиянию эксплуатационных факторов на эффективность использования МТА. За критерий эффективности эксплуатации МТА, исходя из современных экономических условий, был принят обобщенный показатель – погектарный расход топлива $G_{га}$, л/га или кг/га.

$$G_{га} = G_{ч}/W_{ч}; \quad (1)$$

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

Критерием эффективности эксплуатации МТА является: $G_{га} \rightarrow \min$.

Для определения часового расхода топлива использовалось известное выражение

$$G_{ч} = \frac{N_e g_e}{10^3}, \quad (2)$$

где g_e – удельный расход топлива, г/кВт·ч; N_e – эффективная мощность двигателя, кВт.

Эффективная мощность двигателя определяется из выражения

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

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

$$V_p = \frac{0,377 n_{дв} r_T}{i_{тр}} \cdot \eta_{\delta}, \quad (4)$$

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

Таким образом, выражение (2) приобретает следующий вид.

$$G_{ч} = \frac{0,377 P_{кр} n_{дв} r_T g_e}{3,6 \eta_o i_{тр}} \eta_{\delta}. \quad (5)$$

В данное выражение входит $P_{кр}$ – сила тяги на крюке трактора которая предназначена для преодоления тягового сопротивления агрегируемой сельскохозяйственной машины P_c , определяется ее шириной захвата B_p и удельным сопротивлением почвы K_y .

$$P_c = B_p K_y. \quad (6)$$

Условие движения МТА описывается известным выражением

$$P_k \geq P_{кр} \geq P_c, \quad (7)$$

где P_k – касательная сила тяги трактора.

$$P_k = P_{кр} + G \cdot f, \quad (8)$$

где G – вес трактора; f – коэффициент сопротивления качению.

$$P_k = \frac{M_{дв} i_{тр} \eta_{тр}}{r_p}, \quad (9)$$

где $M_{дв}$ – крутящий момент двигателя; $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии трактора; r_p – рабочий радиус колеса

$$\text{Следовательно,} \quad P_{кр} = \frac{M_{дв} i_{тр} \eta_{тр}}{r_p} - Gf. \quad (10)$$

Так как значения величин G и f в конкретных случаях эксплуатации можно принять за постоянные величины, то выражение (10) принимает следующий вид:

$$P_{кр} = \frac{K_{кр} \cdot M_{дв} \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_p}, \quad (11)$$

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

$$K_{кр} = \frac{P_{кр}}{P_k}. \quad (12)$$

Часовую производительность агрегата 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.

Проведя преобразования в выражениях (4, 5, 10, 11) получаем выражение (1) в следующем виде:

$$G_{га} = \frac{M_{дв} i_{тр} \eta_{тр} g_e K_{кр}}{3,6 r_p \eta_{\delta} \eta_o B_p K_w}. \quad (14)$$

В данном выражении постоянными величинами для конкретного случая эксплуатации являются: $\eta_{тр}$, r_p , K_w , B_p , η_{δ} , $K_{кр}$. Следовательно, его можно представить в виде:

$$G_{га} = K_a M_{дв} i_{тр} g_e, \quad (15)$$

где K_a – коэффициент индивидуальной характеристики агрегата.

$$K_a = \frac{\eta_{тр} K_{кр}}{3,6 r_p \eta_{\delta} \eta_o B_p K_w}. \quad (16)$$

В полученном выражении (15) имеются три переменные величины: $M_{дв}$, $i_{тр}$, g_e . Передаточное отношение трансмиссии $i_{тр}$ устанавливается механизатором в зависимости от конкретных условий эксплуатации, то есть оно является управляемым фактором. Крутящий момент двигателя $M_{дв}$ и удельный расход топлива g_e функционально зависят от оборотов двигателя $n_{дв}$ (рис. 1), которые также устанавливаются механизатором.

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

$$G_{га} = f(n_{дв}, i_{тр}). \quad (17)$$

Так как выражение (17) не имеет единственного решения, для проверки его достоверности использовался расчетно-теоретический способ для конкретного МТА.

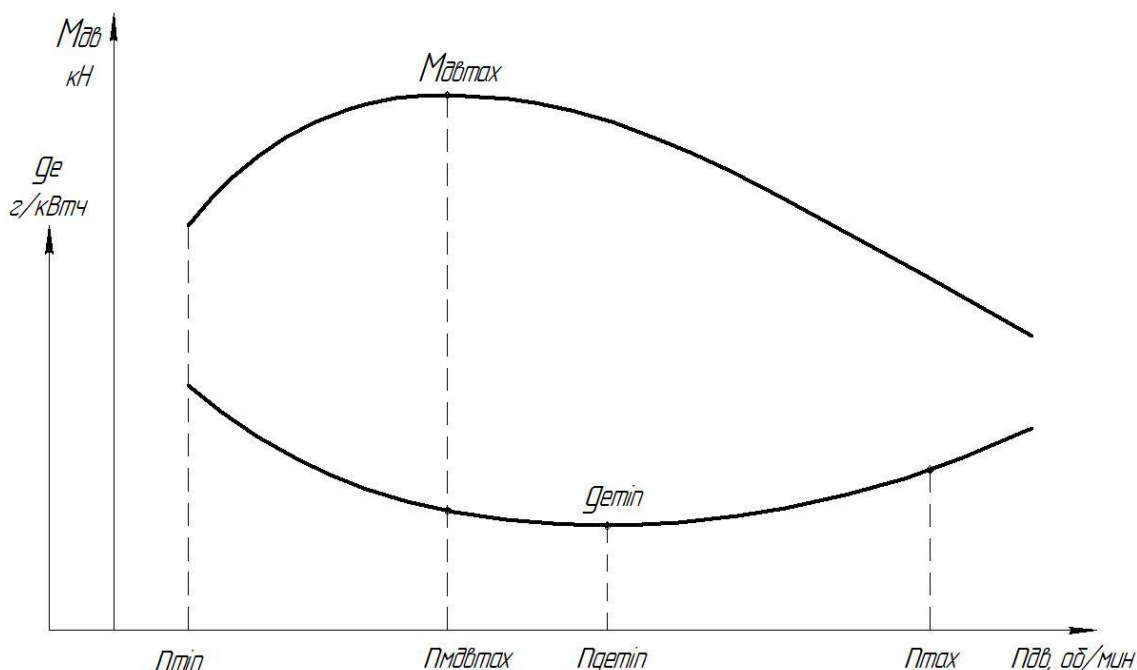


Рисунок 1 – Характер изменения $M_{дв}$ и g_e в зависимости от оборотов двигателя

В качестве объекта исследования был выбран МТА, состоящий из трактора К-701 (с двигателем ЯМЗ-238НД) в агрегате с плугом ПЛН-8-35.

Переменными факторами являлись: передаточное отношение трансмиссии $i_{тр}$ и обороты двигателя $n_{дв}$.

Так как в выражении (15) две переменные, зависящие от оборотов двигателя, при решении поставленной задачи вводилась вспомогательная функция.

$$M_{дв} g_e = f(n_{дв}). \quad (18)$$

Постоянные величины, входящие в выражение (16), определялись как расчетным путем с использованием технической документации на трактор К-701 и плуг ПЛН-8-35, так и по результатам опытных данных.

Обработка аналитической зависимости (15) производилась в программе Microsoft Office Excel «Анализ данных». Результаты расчетно-теоретических исследований представлены в виде поверхности отклика (рис. 2).

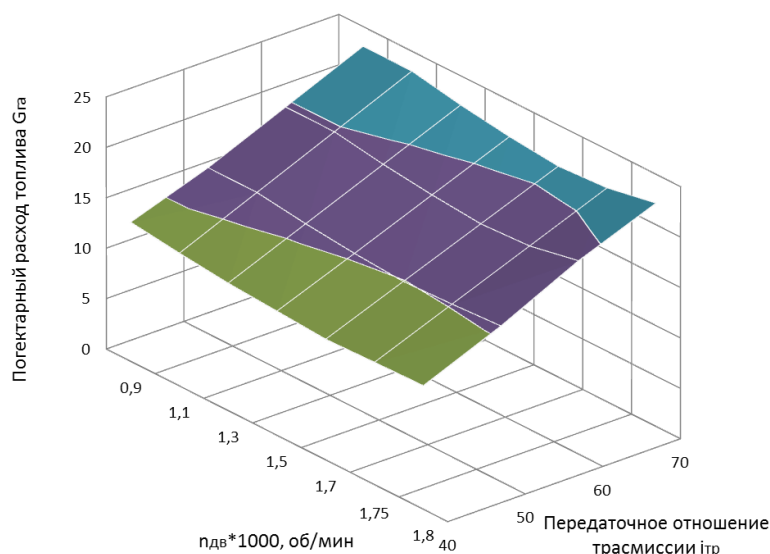


Рисунок 2 – Поверхность отклика в функции погектарного расхода топлива от эксплуатационных факторов $n_{дв}$ и $i_{тр}$ двигателя ЯМЗ-238НД

Полученная поверхность отклика описывается полиномом второго порядка.

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

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

Анализ поверхности отклика показывает, что функции не имеют экстремума и являются монотонно возрастающими с увеличением $i_{тр}$ и уменьшением $n_{дв}$. Однако на поверхности отклика имеется «ложбинка» в интервале $n_{дв} = 1500–1700$ мин⁻¹ с максимальным понижением $n_{дв} = 1700$ мин⁻¹. На рисунке 3 показаны сечения поверхности отклика.

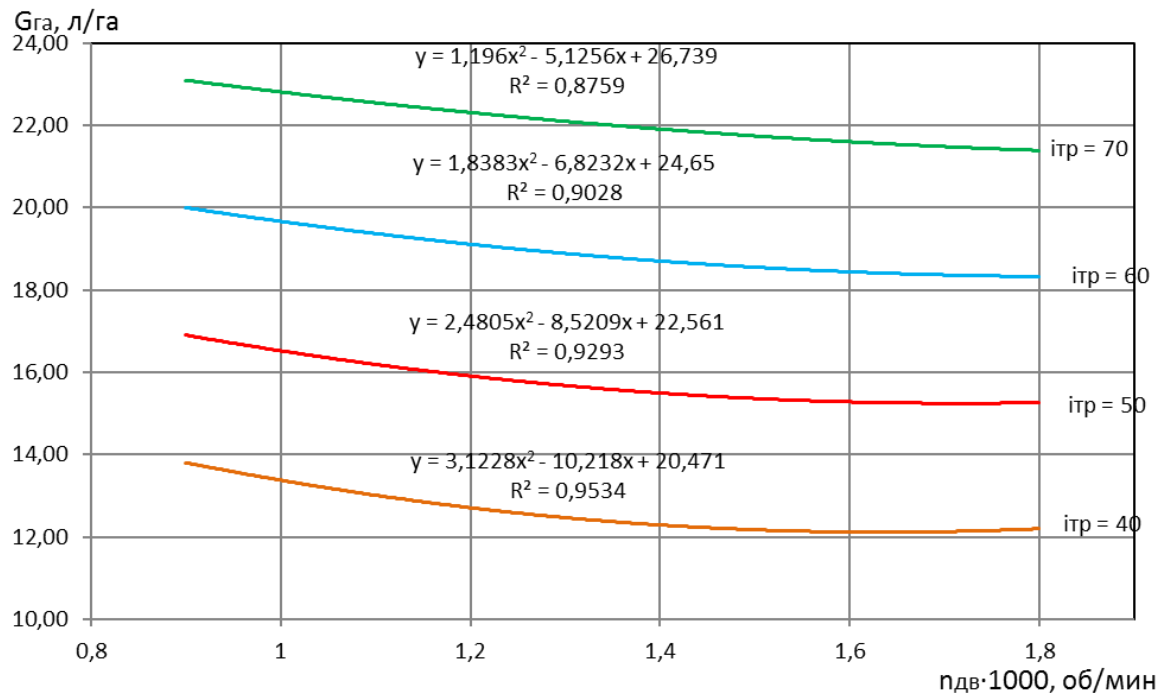


Рисунок 3 – Сечения поверхности отклика двигателя ЯМЗ-238НД

Сравнительный анализ результатов теоретических исследований с нормативно-технической документацией на выполнение трактором пахотных работ показал их сопоставимость.

В третьем разделе «Общая методика выполнения работы и структура исследования» представлена структура проведения исследований, программа и общие методики проведения лабораторных и лабораторно-полевых исследований. Программа и методика проведения лабораторных исследований составлялась с учетом требований ГОСТ 7057–2001 «Техника сельскохозяйственная. Методы испытаний» и ГОСТ 20915–2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

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

Объектом исследования – показания информационной системы, отображающей эксплуатационные показатели МТА.

В четвертом разделе «Обоснование способов и технических средств получения оперативной информации об эксплуатационных показателях МТА»

приведено обоснование способов и технических средств получения в режиме реального времени основных эксплуатационных показателей МТА, принципиальная схема информационной системы по определению основных эксплуатационных показателей МТА и алгоритм их расчета, опытный образец информационной системы.

За основной эксплуатационный показатель эффективности эксплуатации МТА был выбран погектарный расход топлива $G_{га}$ (1).

Искомыми величинами в этом случае являются часовой расход топлива $G_{га}$ и производительность МТА $W_{ч}$.

Исходя из анализа существующих технических средств и особенностей эксплуатации сельскохозяйственной техники целесообразно измерять часовой расход топлива через положение рейки ТНВД и обороты вала привода $G_a = f(l_p, n_{пр})$, а производительность через измерение рабочей скорости $W_{ч} = f(V_p)$.

$$V_p = 0,377 \frac{n_{хв}}{i_{в.м}} r_T \eta_{\delta}, \quad (19)$$

где $n_{хв}$ – частота вращения хвостовика ведущей шестерни ведущего моста; $i_{в.м}$ – передаточное отношение ведущего моста.

На основании проведенного теоретического анализа влияния эксплуатационных факторов на эффективность МТА, а также способов и средств их регистрации, и поставленной задачи, была разработана принципиальная схема информационной системы (рис. 4) (патент № 2560210).

Разработанная структурная схема была реализована на базе свободно программируемого промышленного контроллера ОВЕН ПЛК-150 I-M, блока стабилизированного питания, установленного в одном корпусе, и панели оператора WEINTEK MT8070iE.

Исходя из диапазона частоты вращения хвостовика ведущего моста и частоты вращения вала привода ТНВД, а также особенностей эксплуатации тракторной техники, выбраны индуктивные датчики серии LA18-55.5N4.U1.K.

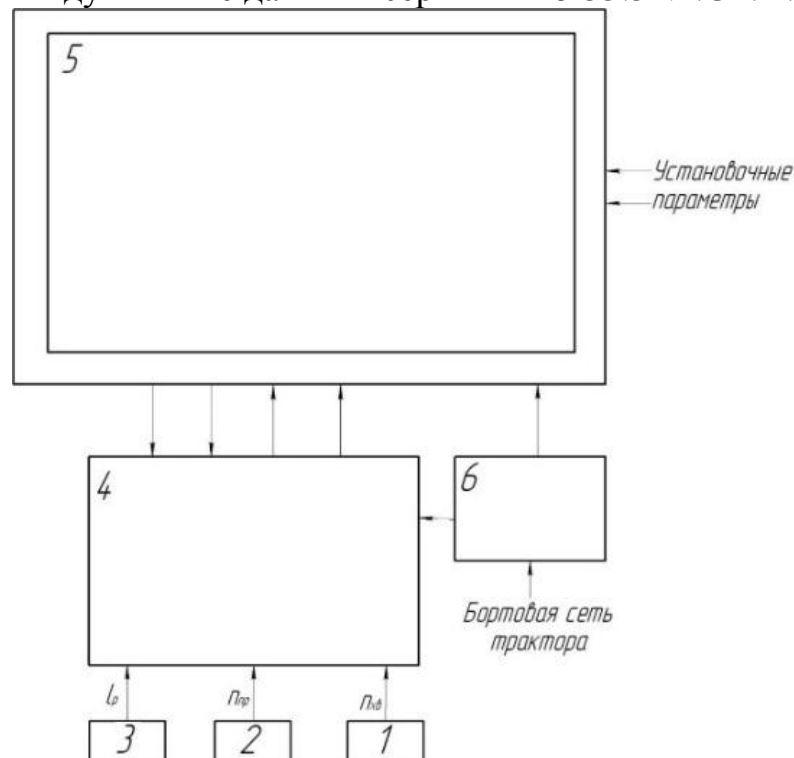


Рисунок 4 – Структурная схема информационной системы

Для определения положения рейки ТНВД был выбран бесконтактный ультразвуковой акустический датчик K01B.184D.

Исходя из технических средств, выбранных для определения оборотов вала привода ТНВД и хвостовика ведущего моста составлен алгоритм расчета искомых величин.

$$G_{га} = 0,06 \frac{Z_{пр}}{Z'_{пр}} \nu K_{ц}, \quad (20)$$

где $Z_{пр}$ – число импульсов вала привода ТНВД, мин^{-1} ; $Z'_{пр}$ – число импульсов за 1 оборот вала привода ТНВД, мин^{-1} ; ν – величина входного сигнала, мА; $K_{ц}$ – коэффициент пропорциональности, $\text{см}^3/\text{мА}$.

$$W_{ч} = C \frac{Z_{хв}}{Z'_{хв}} B_p \eta_{\delta}, \quad (21)$$

где $Z_{хв}$ – число импульсов хвостовика ведущего моста, мин^{-1} ; $Z'_{хв}$ – число импульсов за 1 оборот хвостовика ведущего моста, мин^{-1} ;

$$C = 0,377 \frac{r_T}{i_{в.м}}$$

Программное обеспечение информационной системы имеет следующие функции: наладка, настройка, тестирование. Функции имеют различные уровни доступа. Информация отображается на экране планшета как в графическом, так и в числовом виде (рис. 5).



Рисунок 5 – Экран панели оператора (работа)

В пятом разделе «Результаты и анализ эксплуатационных исследований МТА оборудованного ИС» представлены результаты лабораторных и лабораторно-полевых исследований информационной системы, лабораторно-полевые исследования МТА, оборудованного информационной системой.



Рисунок 6 – Общий вид стенда по регулировке топливной аппаратуры КИ-22010

В результате проведения лабораторных исследований информационной системы выполненных на стенде по регулировке топливной аппаратуры КИ-22010 (рис. 6), получена аналитическая зависимость между цикловой подачей ТНВД $Q_{ц}$ и величиной выходного сигнала датчика положения рейки v и определен коэффициент пропорциональности $K_{ц}$.

$$Q_{ц} = K_{ц} v + 1,7687, \quad (22)$$

где $K_{ц} = 3,08 \cdot 10^{-3}$ мА.

Полученная аналитическая зависимость вводилась в алгоритм расчета по определению часового расхода топлива.

Лабораторно-полевые исследования проводились на тракторе К-701 (с двигателем ЯМЗ-238НД), оборудованном информационной системой, при выполнении пахоты с плугом ПЛН-8-35. Глубина обработки почвы 23–25 см, фон – стерня яровой пшеницы высотой 10–12 см. Общий вид трактора с расположением элементов информационной системы представлен на рисунке 7. Исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 7057–2001 и ГОСТ 20915–2011 по разработанным методикам.

При проведении лабораторно-полевых исследований информационной системы определялось соответствие ее показателей рабочей скорости и часового расхода топлива фактическим значениям (рис. 8).

Анализ результатов показывает, что фактическая рабочая скорость МТА, определяемая через среднюю скорость движения, $V_{ср} = s/t$, при $n_{дв} = \text{const}$, несколько ниже скорости по показаниям информационной системы. 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. Несовпадение фактической скорости движения МТА и показаний ИС связано с буксованием трактора, вызываемым силой сопротивления агрегируемой машины, которая возрастает с увеличением скорости движения. Введение средней величины буксования, характерной для конкретных операций,

предусмотрено на этапе настройки программного обеспечения ИС.



Рисунок 7 – Расположение элементов информационной системы на тракторе

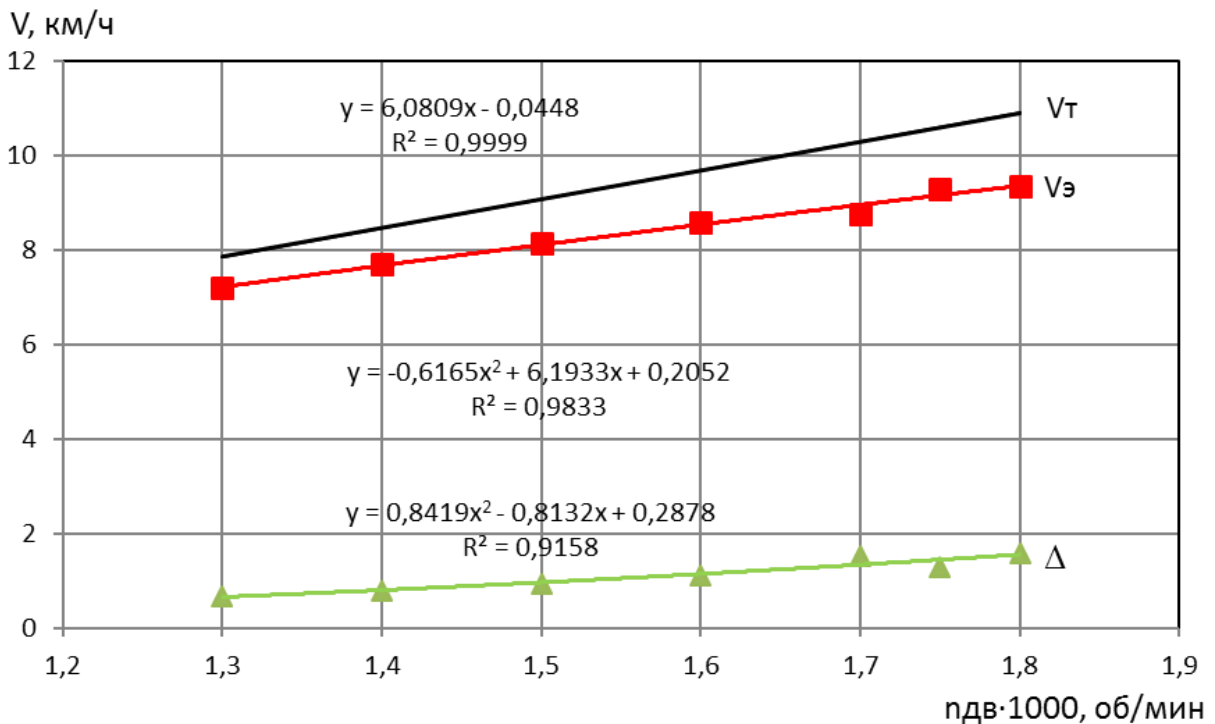


Рисунок 8 – Зависимость теоретической и рабочей скорости от оборотов двигателя при $i_{тр} = 49,85$

Для определения соответствия и фактического расхода топлива показаниям ИС на трактор дополнительно устанавливался дифференциальный расходомер DFM. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – 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_3	Z_c					
II-2	5,48	675,6	346,8	328,8	12,5	3,95	4,06	2,7
II-3	4,71	565,2	297,2	268,0		3,24	3,35	3,2
III-3	4,19	502,8	251,8	251,2		3,03	3,14	3,5

Анализ результатов показывает, что расхождение значений расхода топлива при различных способах его измерения составляет 2,7–3,5%. Последнее объясняется различием температур топлива в головке ТНВД, топлива, поступающего из бака, и топлива слива.

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 2.

Таблица 2 – 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.

Для сопоставления теоретических и экспериментальных данных на поверхности отклика (рис. 2) были проведены сечения, соответствующие передаточным отношениям экспериментальных исследований.

Результаты сравнительных исследований представлены в виде графических зависимостей на рисунке 9, 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 и колеблется от 0,03 до 0,15, при нормативном уровне 0,05. Последнее объясняется

тем, что в выражение (14) вводилась постоянная величина буксования $\delta = 11\%$.

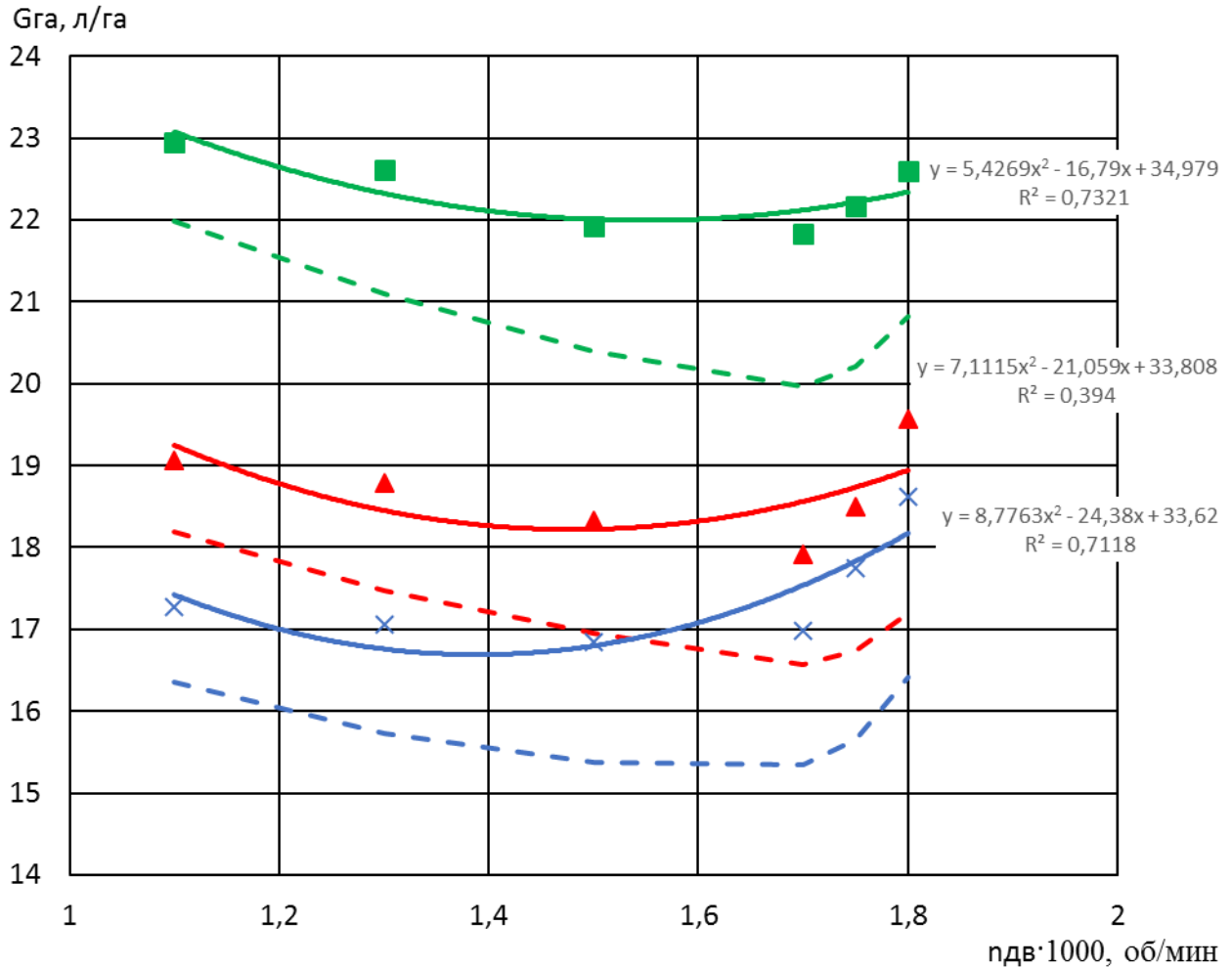


Рисунок 9 – Зависимость теоретического и экспериментального погектарного расхода топлива от оборотов двигателя при различных значениях передаточного отношения трансмиссии:

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

В шестом разделе «Технико-экономическое обоснование использования информационной системы при эксплуатации МТА» проведена оценка экономической эффективности целесообразности применения информационной системы при выполнении пахоты трактором К-701 с плугом ПЛН-8-35. Годовой экономический эффект за счет снижения погектарного расхода топлива составляет 353 777 рублей на 1 агрегат. Срок окупаемости 0,12 года.

Дополнительный эффект от информационной системы заключается в контроле за работой механизатора и предотвращении несанкционированного использования дизельного топлива.

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.

2Проведенное 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.

3Разработанный 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.

4Эксплуатационные 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.

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

Рекомендации производству

Доведение опытного образца информационной системы до промышленного. Организация серийного производства.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Совершенствование предлагаемой информационной системы за счет введения новых функций: определения величины буксования в режиме реального времени, контроля эффективной мощности двигателя.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи и издания, рекомендованные ВАК РФ

- 1 Кадухин, А. И. Информационный комплекс по повышению эффективности эксплуатации МТА [Текст] / Коцарь Ю. А., Кадухин А. И., Плужников С. В., Головащенко Г. А. // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 8. С. 44–46.
- 2 Кадухин, А. И. Анализ эксплуатационных факторов, определяющих топливно-экономическую эффективность машинно-тракторного агрегата [Текст] / Коцарь Ю. А., Кадухин А. И., Плужников С. В., Мавзовин В. С., Харитонов А. Ю. // «Тракторы и сельхозмашины». – 2015. – № 9. С. 46–49.
- 3 Кадухин, А. И. Обоснование факторов, определяющих топливную экономичность МТА [Текст] / Кадухин А. И. // «Аграрный научный журнал». – 2015. – № 10. С. 37–38.

Патенты на полезную модель

Пат. 129221 Российская Федерация, МПК 7G01F9. Измерительный комплекс [Текст] / Коцарь Ю. А., Погорелов С. В., Кадухин А. И., Плужников С. В., Головащенко Г. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – № 2013100728 ; заявл. 09.01.2013 ; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 17, – 8 с.: ил.

Патенты на изобретения

Пат. 2560210 Российская Федерация, МПК G07C 5/08, B62D49/06. Способ повышения эффективности машинно-тракторного агрегата [Текст] / Гаранин Э. М., Кучеров Ю. И., Кадухин А. И.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Исследование и разработка АГРО» – № 2013147610/11 ; заявл. 24.10.2013 ; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. – 8 с.: ил.

В других изданиях:

- 1 Кадухин, А. И. Аппаратный комплекс для выбора оптимального режима МТА [Текст] / Коцарь Ю. А., Кадухин А. И., Плужников С. В., Головащенко Г. А. // Материалы Междунар. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения профессора Красникова Владимира Васильевича. – Саратов, СГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2013. С. 80–83.
- 2 Кадухин, А. И. Разработка аппаратного комплекса по повышению эффективности работы МТА [Текст] / Кадухин А. И. // «Участники школы молодых ученых и программы УМНИК»: сб. трудов XXVI Междунар. науч. конф.: в 2-х ч. Часть I. – Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 26–28.
- 3 Кадухин, А. И. Информационный комплекс по повышению эффективности эксплуатации машинно-тракторного агрегата [Текст] / Коцарь Ю. А., Кадухин А. И.,

Плужников С. В., Головащенко Г. А. // Материалы междунар. науч.-техн. семинара имени В. В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники». – Саратов: Изд. ООО "Буква", 2014. – С. 72–75.

4 Кадухин, А. И. Информационная система по выбору оптимального топливно-экономического режима работы МТА [Текст] / Кадухин А. И. // «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России» : сб. материалов Междунар. Науч.-практ. конф. молодых ученых : Том III. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – С. 3–5.