

*На правах рукописи*



ГОРБАТЕНКО ДЕНИС АЛЕКСАНДРОВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ  
ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАПАСНЫХ  
ЧАСТЕЙ И МАТЕРИАЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АПК

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в  
сельском хозяйстве

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Воронеж 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ).

Научный руководитель **Пухов Евгений Васильевич**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Оппоненты **Алдошин Николай Васильевич**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

**Асоян Артур Рафикович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры "Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис" ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва" ФГБОУ ВО "МГУ им. Н. П. Огарёва"

Защита состоится «5» июня 2018 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте университета [www.rgatu.ru](http://www.rgatu.ru) и на сайте Минобрнауки РФ: [www/vak3.ed.gov.ru](http://www/vak3.ed.gov.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Поддержание в технически исправном состоянии парка транспортных и технологических машин в сельском хозяйстве является важной задачей системы технического сервиса. Развитие технического сервиса в Российской Федерации является важным фактором роста экономики и благосостояния государства.

Согласно данным федеральной службы государственной статистики Российской Федерации на долю послепродажного обслуживания и ремонта технических средств, в том числе в агропромышленном комплексе, приходится около 20 % от всех платных услуг. Разработка новых и совершенствование известных технических решений в области технического сервиса невозможны без исследований технологических процессов, включая организационные вопросы. В условиях действующих и создаваемых предприятий по техническому обслуживанию и ремонту машин в сельском хозяйстве одним из путей повышения эффективности является сокращение потерь рабочего времени на всех стадиях производственного процесса. Работа выполнена в соответствии с разделом 4.6. «Разработка инновационных технологий производства, эксплуатации, ремонта и утилизации транспортных и технологических машин и оборудования в агропромышленном комплексе» перспективного плана научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ на 2016-2020 годы.

**Степень разработанности.** Отечественные ученые предлагают различные меры для повышения эффективности функционирования сервисных предприятий к их числу относятся: формирование структуры и содержания ремонтно-обслуживающих воздействий на агрегаты, создание и совершенствование методов технического обслуживания, ремонта и диагностирования. В данной области известны труды ученых: Алдошина Н.В., Асояна А.Р., Бышова Н.В., Борычева С.Н., Борисова Г.А., Голубева И.Г., Данилова И.К., Дидманидзе О.Н., Ерохина М.Н., Кокорева Г.Д., Костенко Н.А., Конкина Ю.А., Латышенка М.Б., Лялякина В.П., Рембаловича Г.К., Симдянкина А.А., Успенского И.А., Федоренко В.Ф., Черноиванова В.И., Шемякина А.В., Юхина И.А. и др.

Однако, в трудах ученых недостаточно внимания уделено вопросам сокращения затрат времени на выполнение вспомогательных операций в процессе технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) машин, включая вопросы организации доставки запасных частей на производственные участки и посты. Так, остаются недостаточно изученными технологические и технические решения, способствующие снижению потерь времени на внутрипроизводственную доставку материалов, методы определения их эффективности.

**Цель исследования.** Повышение эффективности функционирования предприятий технического сервиса совершенствованием организации и технических средств внутрипроизводственной доставки запасных частей и материалов.

**Задачи исследования,** обеспечивающие достижение поставленной цели, сводятся к следующему:

- разработать структуру системы учета рабочего времени, дифференцированного по исполнителям на предприятиях технического сервиса транспортных и технологических машин АПК;
- определить потери рабочего времени на внутрипроизводственное переме-

шение запасных частей и материалов на предприятиях технического сервиса;

– разработать компоновочную схему устройства по перемещению материалов, запасных частей и отходов, учитывающего технологические и геометрические особенности сервисных предприятий АПК;

– установить основные параметры устройства по перемещению материалов, запасных частей и отходов;

– провести технико-экономическую оценку предложенных решений.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются предприятия технического сервиса, оказывающие услуги по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) транспортных и технологических машин (Т и ТМ). Предметом исследования являются количественные и качественные показатели характеризующие потери времени от простоев исполнителей при выполнении ТО и Р, а также структуру производственных подразделений технического сервиса.

**Методология и методы исследования.** Изучение показателей эффективности технического сервиса и их изменение от потерь рабочего времени, проводилось с использованием методов имитационного моделирования на ЭВМ, статистических испытаний и специально разработанных программ на встроенном языке программирования 1С. Обработка полученных данных и расчеты проводились с помощью персонального компьютера с применением стандартных программ Microsoft Office. В основу экспериментальных исследований положен натурный эксперимент (фотохронометражные наблюдения), выполненный в производственных условиях. Эмпирической базой исследования стали официальные данные Управления государственного технического надзора РФ; Министерства экономического развития РФ, Федеральной службы государственной статистики России, материалы отраслевых научно-исследовательских учреждений (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (ГОСНИТИ)), данные экологической, финансовой, управленческой и производственной отчетности предприятий технического сервиса Воронежской области.

#### **Научная новизна.**

1. Математическая модель оценки эффективности функционирования технического сервиса, с учетом потерь рабочего времени в процессе приема, оформления, обслуживания и выдачи транспортных и технологических машин, позволяющая определить доход предприятия от перевода потерь времени в рабочее используемое время;

2. Методика определения рациональной формы траектории направляющей конвейера для перемещения запасных частей и материалов с использованием математического метода взаимодействующих движущихся точек, отличающаяся двухэтапным алгоритмом построения плавной траектории направляющей и возможностью учета конфигурации и расположения постов, участков, оборудования и инженерных коммуникаций, стен и других частей здания предприятий технического сервиса АПК;

3. Математическая модель по определению скорости движения и зависимости её влияния на амплитуду раскачивания и величину центростремительного ускорения скоростного тельфера с контейнером, отличающаяся рассмотрением колебательной системы на четырех невесомых слабо-растяжимых упругих стержнях.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

– структура системы учета рабочего времени, дифференцированная по отдельным категориям исполнителей и его элементам, реализованная в программной части

учета рабочего времени (свидетельство о регистрации программы № 2017612972/69), а также результаты определения потерь рабочего времени;

– компоновочная схема устройства по перемещению материалов, запасных частей и отходов, включающего в себя направляющую в виде монорельса, тельфер, контейнер для материалов, вспомогательное управляющее и защитное оборудование, пункты загрузки и разгрузки материалов, результаты определения его основных параметров в условиях предприятий технического сервиса: радиуса кривизны направляющей, скорости движения тельфера и амплитуды раскачивания контейнера;

– методика построения рациональной формы траектории направляющей (монорельса) предложенного конвейера, реализованная в виде двухэтапного алгоритма построения плавной траектории с использованием математического метода взаимодействующих движущихся точек, снижающая длину направляющей с соблюдением точек выгрузки (погрузки), расположения стен, постов, участков, оборудования и инженерных коммуникаций предприятий технического сервиса АПК;

– результаты технико-экономической оценки и рекомендации по использованию исследований на предприятиях технического сервиса.

**Теоретическая значимость работы.** Предложен системный подход в определении и устранении потерь рабочего времени при выполнении производственного процесса на предприятиях технического сервиса машин. Представлена физико-математическая модель перемещений контейнера конвейером по направляющей заданной формы, снижающей потери рабочего времени при выполнении работ по ТО и Р.

**Практическая значимость работы.** Предложенная методика учета потерь рабочего времени, реализована в виде программы для ЭВМ на языке программирования 1С, позволяющая определять затраты фактического времени на выполнение операций с учетом пауз и простоев, возникающих во время выполнения работ. Анализ значений выводимой информации дает повод считать её основой для принятия управленческих решений.

Предложено устройство для перемещения запасных частей и материалов со склада на участок технического обслуживания и ремонта, а также в обратном порядке при удалении отходов.

**Реализация результатов исследования.** Полученные результаты исследования внедрены на предприятиях технического сервиса ООО «БелМТЗцентр», ООО «ВоронежТрансБизнес» г. Воронеж. Результаты исследования используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ и рекомендуются научным работникам, конструкторам, аспирантам, студентам для практического применения.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Степень достоверности основных положений и рекомендаций подтверждена достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных данных, в том числе с аналогичными исследованиями других авторов, а также положительными результатами использования в производственных условиях.

Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на заседаниях и научных семинарах кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ, научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов Воронежского государственного аграрного университета им. Петра I (2014 – 2017 гг.), Меж-

дународных и Всероссийских межвузовских научно-практических конференциях (Воронежский государственный университет, 2014 г.; Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014 г.)

**Публикации результатов исследования.** По материалам диссертации опубликовано 8 (восемь) статей. Получено: 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Общий объем работы составляет 155 страниц, из них 138 основного текста и 17 страниц приложений. Работа включает 43 рисунка 16 таблиц и 124 наименования используемых источников.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, представлена общая характеристика работы и научные положения, выносимые на защиту. Определены цель, объект, предмет исследования, изложены элементы научной новизны, практическая значимость работы, апробация.

В первой главе представлен анализ организации деятельности предприятий технического сервиса транспортных и технологических машин, научных достижений, направленных на повышение эффективности работы этих организаций. В результате проведенного анализа и были сформулированы задачи исследования.

Во второй главе рассматриваются теоретические аспекты учета непроизводительных потерь времени исполнителей, математическая модель эффективности функционирования технического сервиса, представлена структура информационно-аналитической системы учета потерь рабочего времени.

Непроизводительные потери времени возникают на различных стадиях выполнения работ по ТО и Р. Структура выполнения работ по обслуживанию технических средств может быть представлена, на примере сервиса автомобилей в следующем виде, рисунок 2.1.

Согласно структуре общий объем затрат времени на выполнение работ по ТО и Р каждого технического средства  $T_{\text{общ}}$  образуется в результате суммирования интервалов времени на каждом этапе:

$$T_{\text{общ}} = \sum_1^9 t_i , \quad (2.1)$$

где  $t_{1...9}$  – затраты времени на выполнение этапов по ТО и Р, мин. (час).

При выполнении каждого из этапов возникают затраты времени, которые выражаются в виде суммы затрат времени на производительные (нормируемые) и непроизводительные затраты времени

$$t_i = t_{i\text{норм}} + \sum t_{ij\text{нпр}} , \quad (2.2)$$

где  $t_{i\text{норм}}$  – норматив времени на  $i$  этапе, мин. (час);  $t_{ij\text{нпр}}$  – непроизводительные затраты времени, возникающие на  $i$  этапе в  $j$  раз.

Таковыми потерями могут быть:

- сбор информации о потребностях заказчика (анкетирование) -  $t_{\text{оп}}$ , мин. (час);

- сообщение о получении Т и ТМ на местах ожидания, -  $t_{\text{соп}}$ , мин. (час);
- определение объёма работ (устный опрос), -  $t_{\text{уо}}$ , мин. (час);
- время для личных потребностей, -  $t_{\text{лп}}$ , мин. (час);
- время на телефонные разговоры, -  $t_{\text{тр}}$ , мин. (час);
- перемещения исполнителей по помещениям, -  $t_{\text{пц}}$ , мин. (час);
- формирование заявки на выдачу запасных частей со склада, -  $t_{\text{фз}}$ , мин. (час);
- распаковка запасных частей, -  $t_{\text{рзч}}$ , мин. (час);
- сторонние разговоры -  $t_{\text{ср}}$ , мин. (час);
- прочие неучтенные затраты времени -  $t_{ij}$ , мин. (час).



Рисунок 2.1 – Структура основных работ по техническому сервису машин.

Для определения затрат времени была составлена матрица загрузки персонала (таблица 2.1), в которой показана вовлеченность каждого участника в процесс технического сервиса. Данная матрица позволяет выявлять возможные непроизводительные потери рабочего времени.

Таблица 2.1 – Матрица загрузки исполнителей на предприятии технического сервиса

Этапы работ	Диспетчер	Приемщик	Мастер цеха	Механик
1.Прибытие в сервис и составление документации	X			
2.Прием автомобиля подписание документов		X		
3.Передача автомобиля в производственный цех		X		
4.Передача автомобиля механику			X	
5.Подготовка к выполнению работ				X
6. Получение запасных частей				X
7.Выполнение заявленных работ				X
8.Контроль качества выполненных работ			X	
9.Выдача автомобиля из сервиса		X		

Таким образом, затраты времени каждого исполнителя, могут быть выражены следующим образом:

- диспетчер:  $T_{kd.} = \sum_1^k t_1$ ,
- приемщик:  $T_{kпр.} = \sum_1^k (t_2 + t_3 + t_9)$ ,
- мастер цеха:  $T_{кмц.} = \sum_1^k (t_4 + t_8)$ ,
- механик:  $T_{кмех.} = \sum_1^k (t_5 + t_6 + t_7)$ ,

где  $k$  – период времени, за который производится расчет, мин (час, дней и т.д.).

Исходя из проведенных расчётов получены общие затраты времени на предприятиях технического сервиса за  $k$ -период времени:

$$\begin{aligned}
 T_{кобщ} = T_{kd.} + T_{кпр.} + T_{кмц.} + T_{кмех.} = & \sum_1^k t_1 + \sum_1^k (t_2 + t_3 + t_9) + \sum_1^k (t_4 + t_8) + \\
 & \sum_1^k (t_5 + t_6 + t_7) = \sum_1^k (t_{1норм} + (t_{1оп} + t_{1соп} + t_{yo} + t_{1тр} + t_{1лп} + \dots + t_{1j})) + \\
 & + \sum_1^k ((t_{2норм} + t_{3норм} + t_{9норм}) + (\sum t_{2,3,9,оп} + \sum t_{2,3,9,соп} + \sum t_{2,3,9,yo} + \sum t_{2,3,9,тр} + \\
 & \sum t_{2,3,9,лп} + \sum t_{2,3,9,фз} + \dots + \sum t_{2,3,9,j})) + \sum_1^k ((t_{4норм} + t_{8норм}) + \\
 & (\sum t_{4,8,лп} + \sum t_{4,8,тр} + \sum t_{4,8,пц} + \sum t_{4,8,фз} + \sum t_{4,8,ср} + \sum t_{4,8,ср} + \dots + \sum t_{4,8,j})) + \sum_1^k ((t_{5норм} + \\
 & + t_{6норм} + t_{7норм}) + (\sum t_{5,6,7,пц} + \sum t_{5,6,7,соп} + \sum t_{5,6,7,лп} + \sum t_{5,6,7,тр} + \sum t_{5,6,7,фз} + \\
 & \sum t_{5,6,7,пц} + \sum t_{5,6,7,рзч} + \sum t_{5,6,7,тр} + \sum t_{5,6,7,ср} + \sum t_{5,6,7,j}));
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

или в общем виде:

$$T_{кобщ} = \sum_{i=1}^9 t_{инорм} + \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij}.$$

Полученное значение  $T_{кобщ}$  должно быть меньше или равно суммарному значению фонда рабочего времени (табельного времени)  $T_{ктаб}$ , т.е.  $T_{кобщ} \leq T_{ктаб}$ . Тогда

$$T_{k таб} = \sum_1^k t_n, \tag{2.4}$$

где  $t_n$  – табельное время  $n$  – исполнителя, мин. (час).

При определении суммарных затрат  $C_3$  предприятий технического сервиса, исходят из стоимости переменных  $C_{прм}$  и постоянных  $C_{пост}$  затрат.

$$C_3 = C_{пост} + C_{прм}. \tag{2.5}$$

Переменные затраты определяются, как сумма затрат на выполнение каждого из этапов в соответствии с матрицей загрузки, табл. 2.1:

$$C_{прм} = \sum_1^9 C_i, \tag{2.6}$$



где  $C_{1...9}$  – затраты, на заработную плату ответственных сотрудников, отвечающих за каждый этап ТО и Р, руб.

Тогда, затраты на заработную плату исполнителей в соответствующей должности, с учетом функциональных обязанностей  $C_i$  определяются из нормируемого времени на тариф оплаты исполнителя

$$C_i = C_{T_n} \times t_{i\text{норм}}, \quad (2.7)$$

где  $C_{T_n}$  – тариф оплаты  $n$  сотрудника на  $i$  этапе, руб. в час.

$$C_{\text{пост}} = \sum C_z, \quad (2.8)$$

где  $C_z$  – z-затраты, на содержание основных фондов, амортизация и т.д., р.

Выражения затрат на этапы представлены в следующем виде:

$$\begin{aligned} C_3 = & (C_{T_d} * \sum_1^k (t_{1\text{норм}} + (t_{1\text{оп}} + t_{1\text{соп}} + t_{yо} + t_{1\text{тр}} + t_{1\text{лп}} + \dots t_{1j}))) + C_{T_{\text{пр}}} * \\ & \sum_1^k ((t_{2\text{норм}} + t_{3\text{норм}} + t_{9\text{норм}}) + (\sum t_{2,3,9,\text{оп}} + \sum t_{2,3,9,\text{соп}} + \sum t_{2,3,9,\text{yo}} + \\ & \sum t_{2,3,9,\text{тр}} + \sum t_{2,3,9,\text{лп}} + \sum t_{2,3,9,\text{фз}} + \dots + \sum t_{2,3,9,j})) + \sum_1^k ((t_{4\text{норм}} + \\ & t_{8\text{норм}}) + C_{T_{\text{мц}}} * \sum t_{4,8,\text{лп}} + \sum t_{4,8,\text{тр}} + \sum t_{4,8,\text{пц}} + \sum t_{4,8,\text{фз}} + \sum t_{4,8,\text{сп}} + \sum t_{4,8,\text{сп}} + \\ & \dots + \sum t_{4,8,j})) + C_{T_{\text{мех}}} * \sum_1^k ((t_{5\text{норм}} + t_{6\text{норм}} + t_{7\text{норм}}) + (\sum t_{5,6,7,\text{пц}} + \\ & \sum t_{5,6,7,\text{соп}} + \sum t_{5,6,7,\text{лп}} + \sum t_{5,6,7,\text{тр}} + \sum t_{5,6,7,\text{фз}} + \sum t_{5,6,7,\text{пц}} + \sum t_{5,6,7,\text{рзч}} + \\ & \sum t_{5,6,7,\text{тр}} + \sum t_{5,6,7,\text{сп}} + \sum t_{5,6,7,j}))) + \sum C_z, \end{aligned} \quad (2.9)$$

где  $C_{T_{\text{д,пр,мц,мех}}}$  – тариф оплаты диспетчера, приемщика, мастера цеха, механика соответственно.

Для оценки эффективности технического сервиса нами предлагается критерий потери прибыли предприятия от непроизводительных затрат времени, который рассчитывается по выражению:

$$П_{\text{пнзв}} = C_{T_n} \times \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{n_i} t_{ij}, \quad (2.10)$$

$П_{\text{пнзв}}$  - потери прибыли предприятия от непроизводительных затрат времени.

Математическая модель оценки эффективности функционирования технического сервиса, с учетом потерь рабочего времени в процессе приема, оформления, обслуживания и выдачи Т и ТМ, позволяющая определить эффективность внутрипроизводственной доставки запасных частей на участки ТО и Р, может быть в общем виде представлена целевой функцией вида:

$$F_{T(k \text{ общ})} = f(C_3, П_{\text{пнзв}}) \rightarrow \min, \quad (2.11)$$

где  $F_{T(k \text{ общ})}$  – функция оптимальных затрат времени;  $C_3$  – суммарные затраты на содержание предприятия технического сервиса, руб.

Для расчетов математической модели предложена информационно-аналитическая система, которая позволяет значительно повысить достоверность получаемой информации, оперативность ее обработки, проследить за эффективным расходом рабочего времени и создать условия для разработки сбалансированной модели загрузки технического сервиса.

Основное содержание структуры информационно-аналитической системы учета рабочего времени представлена в виде блок-схемы (рисунок 2.2). Полученная информация, импортируется от подсистемы оперативного учёта проведения ТО и ремонта, бухгалтерских программ, от подсистемы складского учёта и других источников.



Рисунок 2.2 – Блок-схема информационных потоков системы учета рабочего времени

Применение предложенной информационной системы способствует автоматическому формированию спектра документов оперативного учёта и отчётности по эффективности использования рабочего времени; автоматическому формированию данных по эффективности работы каждого сотрудника, как по отдельному участку или цеху, так и по предприятию, выявлению скрытых резервов предприятия; адресному воздействию на конкретных работников по результатам эффективности каждого исполнителя; поиску необходимой информации.

На основе предложенной структуры алгоритма информационно-аналитической системы и полученной математической модели функционирования технического сервиса приводится программа для ЭВМ по учету потерь рабочего времени. Рассмотрены разработки методики определения рациональной формы направляющей для движения транспортной тележки, позволяющей учитывать конфигурацию и расположение постов для произвольного предприятия технического сервиса.

Принцип работы программы по учету потерь времени заключается в том, что исполнитель при получении заказа на автомобиль отмечает время начала и окончания выполнения работ. При возникновении ситуаций, когда выполнение работ не-

возможно, он отмечает соответствующий вид паузы.

Для начала работы с программой исполнитель вводит свой личный код, в открывающееся диалоговое окно. Далее выбирается номер заказа, отмечается начало или окончание соответствующих работ (рисунок 2.3).

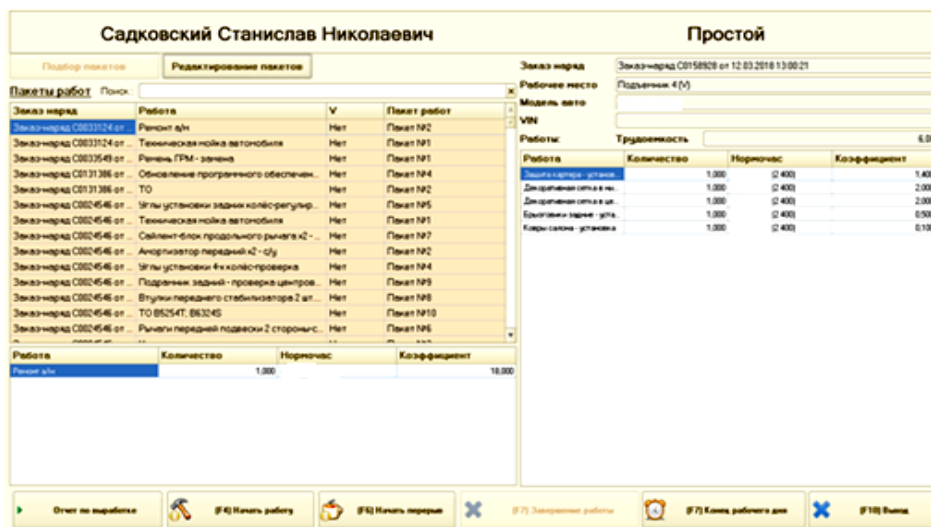


Рисунок 2.3 – Интерфейс программного продукта по учету потерь времени

Для вывода информации по активному отчету загрузки исполнителей предусмотрена форма вывода результатов в виде диаграммы (рисунок 2.4) или таблицы с фактическими значениями затрат времени.

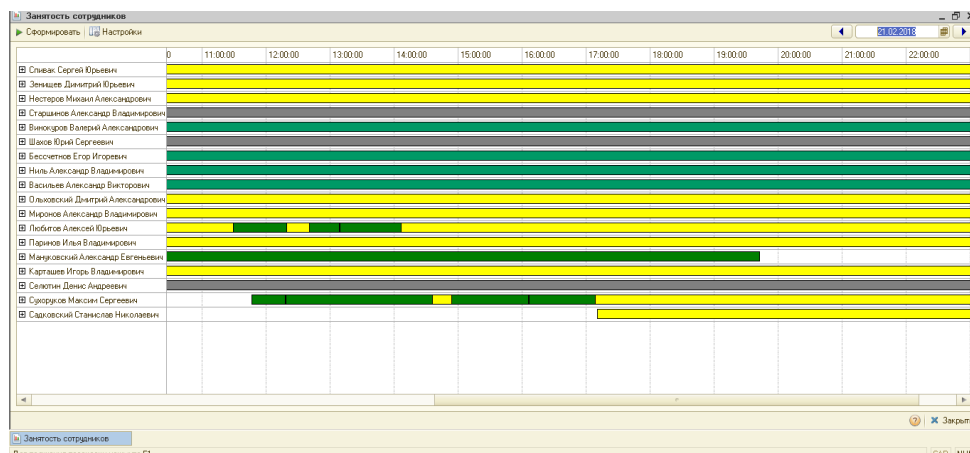


Рисунок 2.4– Активный график загрузки рабочих мест

Желтым цветом показано свободное время исполнителей, зеленым время выполнения работ относительно нормируемого времени, красным цветом выделяются участки времени при превышении фактического времени относительно нормируемого.

В главе показано, что для сокращения потерь времени на перемещения запасных частей на участок ТО и Р требуется устройство доставки запасных частей на участок выполнения работ.

На предприятиях технического сервиса нижняя часть помещения загружена оборудованием и автомобилями, потоками постоянно перемещающихся людей и машин, поэтому в таких условия целесообразно применять системы подвешенного конвейера. Так как производственные помещения технического сервиса имеют различные конфигурации, то для реализации размещения устройства по перемещению

грузов со сложными траекториями рассмотрены теоретические основы выбора типа и конфигурации системы доставки запасных частей.

На первом этапе необходимо приближенно (в частности, в виде ломаной линии) определить конфигурацию направляющей, которая охватывала бы все посты, вписывалась бы в конфигурацию помещения (не контактировала бы со стенами), и была оптимальной с точки зрения минимального суммарного расстояния перемещения подвешенной тележки с электродвигателем и контейнером для запасных частей.

На втором этапе необходимо форму направляющей сделать достаточно плавной, чтобы прямолинейные участки плавно переходили в криволинейные, что позволило бы свести к минимуму боковые ускорения тележки, и следовательно повысить скорость перемещения тележки.

При построении ломаной линии, в первом приближении задающей форму направляющей, основной критерий оптимальности траектории следующий:

$$\sum_{i=1}^{N_{\Pi}} M_i L_i \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

где  $N_{\Pi}$  – количество постов, охватываемых направляющей;  $M_i$  – количество поездок тележки до поста  $i$  за определенный интервал времени (в дальнейшем в качестве такого интервала будем использовать одну рабочую смену);  $L_i$  – расстояние от точки склада ( $i = 0$ ) до поста  $i$ , преодолеваемое тележкой.

Учитывая, что посты расположены последовательно, расстояние  $L_i$  можно представить как сумму расстояний между последовательными постами:

$$\sum_{i=1}^{N_{\Pi}} M_i \sum_{j=0}^{i-1} l_{j,j+1} \rightarrow \min, \quad (2.2)$$

где  $l_{j,j+1}$  – расстояние между постами  $j$  и  $j+1$ .

Из последнего условия видно два пути достижения оптимальной формы направляющей. Во-первых, расстояние между последовательными постами должно быть как можно меньше. То есть, начиная строить оптимальную траекторию движения тележки, целесообразно на карте точку склада соединить с точкой ближайшего поста, затем найти следующий ближайший пост, и т. д. Во-вторых, если от данного поста  $i$  два потенциальных «следующих» поста  $i+1$  находятся приблизительно на одинаковом расстоянии  $l_{i,i+1}$ , необходимо в первую очередь провести линию до поста, к которому совершается больше поездок тележки за смену, то есть параметр  $M_i$  больше (либо ветвь, которую начинает пост, характеризуется большим суммарным количеством поездок  $M_i$ , чем альтернативные ветви).

На рисунке 2.5 показан пример построения направляющей в виде ломаной линии. Построение направляющей начинается из точки  $C$  – точке выдачи запасных частей со склада. Возможно построение из точки  $C$  в одну и другую сторону, при этом направляющая представляет собой одну линию, без самопересечений, охватывающую все посты предприятия.

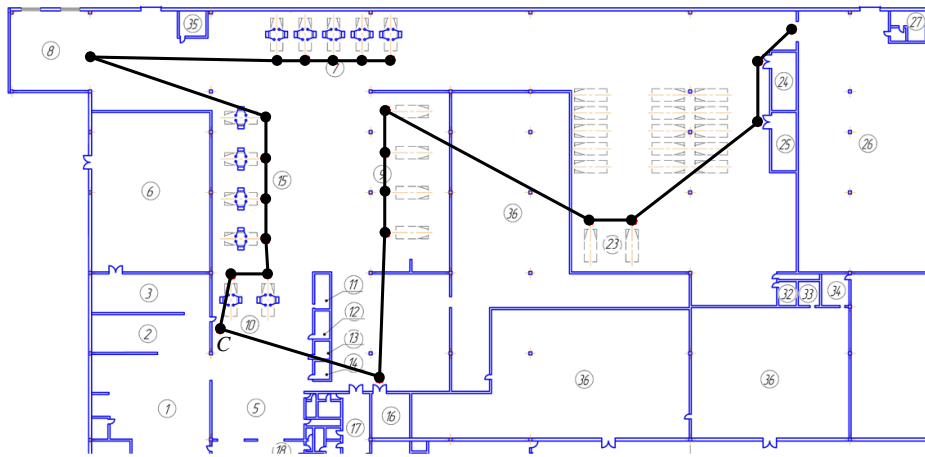


Рисунок 2.5 – Представление в виде ломаной линии направляющей для перемещения транспортной тележки на предприятии технического сервиса

В случае если частота доставки запасных частей к левому и верхнему ряду постов выше, чем к постам в правой части предприятия (рисунок 2.5), то верхний ряд постов соединяется направляющей с левым рядом постов.

Выбор оптимального варианта, который производится методом Монте-Карло (случайного перебора вариантов), с помощью специально составленной программы. Критерием оптимальности является условие (2.2).

Для определения максимально возможной скорости перемещения транспортной тележки по направляющей и для поиска путей ее повышения разработаем математическую модель, позволяющую определить амплитуду колебаний контейнера с запасными частями, подвешенного на направляющей. Представим транспортную тележку в виде точечного груза массой  $m_T$ , подвешенного к направляющей на четырех невесомых упругих стержнях (рисунок 2.6).

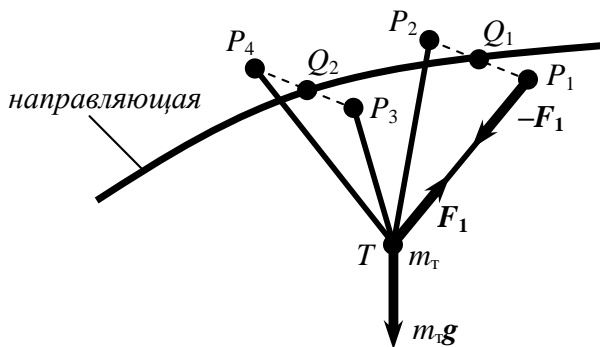


Рисунок 2.6 – Представление в модели транспортной тележки сил, действующих на нее

Тогда уравнение движения контейнера с грузом  $m_T$  описывается следующими уравнениями:

$$\begin{cases} m_{\delta} \frac{d^2 x_{\delta}}{dt^2} = \sum_{i=1}^4 F_{xi}; \\ m_{\delta} \frac{d^2 y_{\delta}}{dt^2} = \sum_{i=1}^4 F_{yi}; \\ m_{\delta} \frac{d^2 z_{\delta}}{dt^2} = \sum_{i=1}^4 F_{zi} - m_{\delta} g, \end{cases} \quad (2.3)$$

где  $x_T, y_T, z_T$  – декартовы координаты центра груза  $m_T$  в пространстве;  $F_{xi}, F_{yi}, F_{zi}$  –

компоненты силы, действующей со стороны стержня  $i$  на груз;  $g$  – ускорение свободного падения

Проведя экспериментальные исследования с различными значениями коэффициента жесткости противодействия изгибу направляющей  $c_{и}$  получены взаимосвязи между  $S_{П}$  и показателями эффективности  $a_{ЦСм}$  и  $z_{nm}$ . При этом скорость движения тележки составляла 1 м/с, а высота подвеса транспортной платформы 1 м (рисунок 2.7).

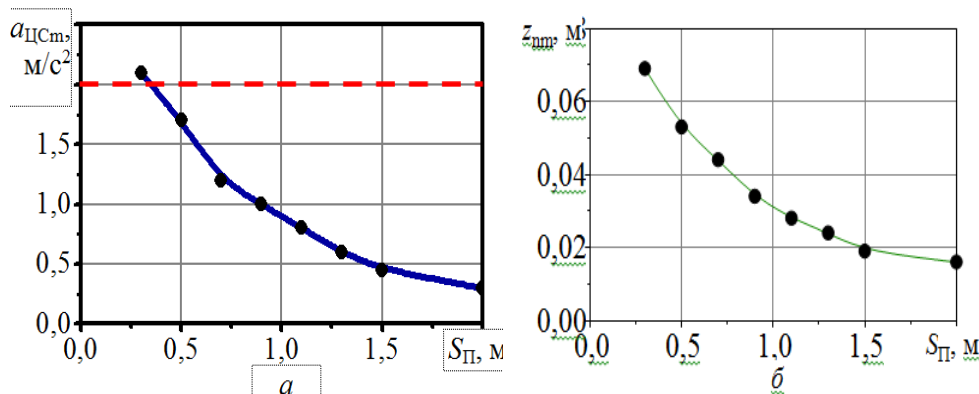


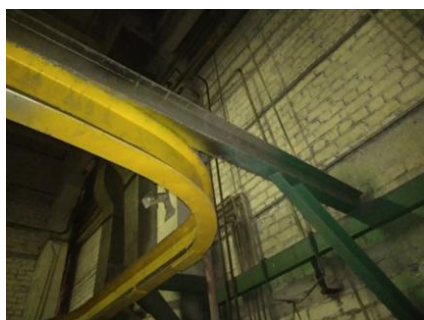
Рисунок 2.7 – Зависимость максимального центростремительного ускорения  $a_{ЦСм}$  (а) и максимальной амплитуды раскачивания груза  $z_{nm}$  (б) от среднего удаления от постов  $S_{П}$

Зависимости  $a_{ЦСм}(S_{П})$  и  $z_{nm}(S_{П})$  имеют убывающий характер, близкий к экспоненциальному. Учитывая, что оба графика сначала убывают быстро, до  $S_{П} = 1,0...1,5$  м, а потом слабо, рекомендован данный диапазон  $S_{П}$  в качестве оптимального. То есть, при выборе уровня гибкости направляющей (задаваемого коэффициентом  $c_{и}$ ) целесообразно обеспечить среднее отклонение направляющей от постов 1...1,5 м, чтобы добиться за счет этого больших радиусов скругления участков направляющей.

В третьей главе предложена компоновочная схема конвейера для перемещения запасных частей, материалов и отходов, включающего в себя направляющую в виде монорельса, тельфер, контейнер для материалов, вспомогательное управляющее и защитное оборудование, пункты загрузки и разгрузки материалов.

Для проверки теоретических расчетов радиусов скруглений направляющей подвешенного конвейера, провели эксперимент с использованием тельфера (таль электрическая передвижная) с прохождением контейнера с грузом по двум радиусам 0,5 и 4 метра соответственно (рисунок 3.1).

Для проведения экспериментальных исследований была использована электрическая таль,двигающаяся по монорельсу. Выходные параметры центростремительного ускорения и амплитуды отклонения контейнера с грузом получали с помощью датчика КХСJK-10054 (акселерометр) (рисунок 3.2).



а



б

Рисунок 3.1 – Направляющая конвейера с радиусами скругления 0,5 м (а) и 4 м (б).



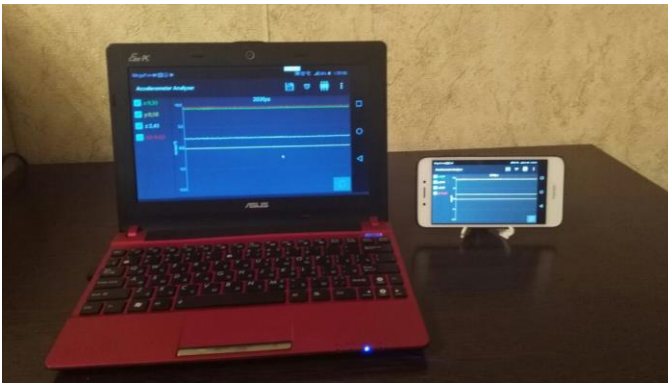


Рисунок 3.2 – Синхронизированные устройства Honor 6A (с акселерометром) и персональный компьютер.

Акселерометр включен в схему работы смартфона HONOR 6A. Устройство закрепляли на контейнере конвейера и с помощью приложения обработки показателей с акселерометра Accelerometer Analyzer передавали полученные результаты на компьютер. Для этого применялась программа TeamViewer 13, в устройствах передача данных осуществлялась по WI FI технологии.

В четвертой главе представлены хронометражные наблюдения за проведением технического обслуживания автомобиля ГАЗ 3309. Полученные результаты позволили уточнить необходимость размещения устройств контроля (датчиков считывания кодовой информации) непосредственно в местах выполнения работ и тем самым устранить разброс данных получаемых при измерениях затрат рабочего времени с использованием программного комплекса. Анализ представленных данных, позволил сделать вывод, что погрешность измерения данных о затратах рабочего времени находится в пределах 10%.

Для исследования влияния скорости проведена серия экспериментов, в которых  $v$  изменяли от 1 до 5 м/с с шагом 1 м/с.

Обнаружено, что для направляющей, составленной из прямолинейных участков и участков поворота с малым радиусом, центростремительное ускорение превышает критическое значение  $2 \text{ м/с}^2$ , уже начиная с 1 м/с. Критическая амплитуда бокового раскачивания 10 см достигается при скорости около 1,5 м/с. То есть направляющая такого типа не позволяет транспортной тележке двигаться с высокой скоростью, более 0,9 ... 1,5 м/с.

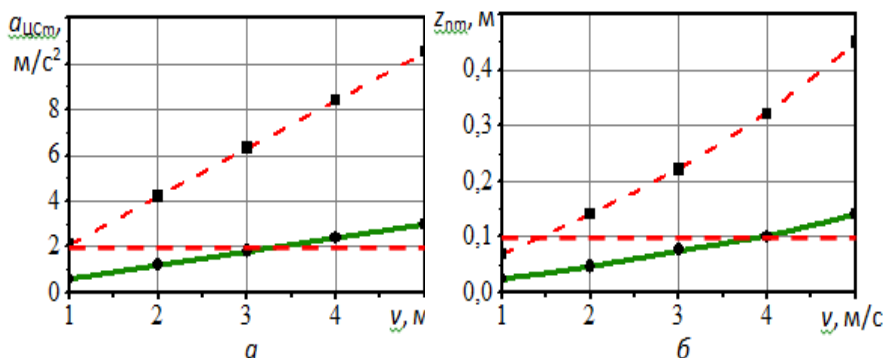


Рисунок 4.1 – Влияние скорости движения транспортной тележки  $v$  на максимальное центростремительное ускорение  $a_{цсм}$  (а) и максимальную амплитуду раскачивания груза  $z_{nm}$  (б). Штриховая линия для направляющей в виде ломаной линии с малым радиусом скругления (0,5 м), сплошная линия – для направляющей (радиус скругления не менее 4 м)

Высота подвеса транспортной платформы  $h$  может существенно варьироваться в зависимости от высоты помещения предприятия технического сервиса АПК. Для исследования влияния  $h$  на кинематику и динамику системы транспортировки запасных частей провели серию экспериментов, в которых изменяли  $h$  от 0,5 до 2,0 м с шагом 0,5 м.

Центростремительное ускорение практически не зависит от высоты подвеса

при достаточно жестком (многорядном роликовом) креплении транспортной тележки к направляющей и достаточно жесткой ее конструкции (рисунок 4.2, а).

Однако амплитуда раскачивания на уровне расположения транспортируемого объекта зависит от  $h$  практически линейно (рисунок 4.2, б).

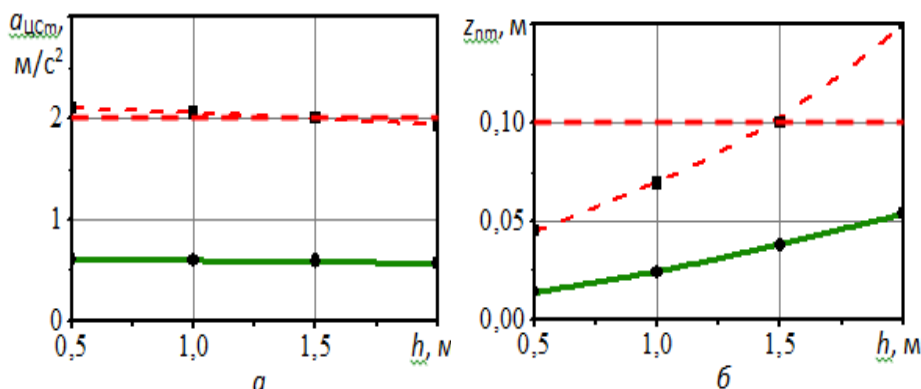


Рисунок 4.2 – Влияние высоты подвеса транспортной тележки  $h$  на максимальное центростремительное ускорение  $a_{цсм}$  (а) и максимальную Штриховая линия для направляющей в виде ломаной линии с малым радиусом скругления (0,5 м), сплошная линия – для направляющей (радиус скругления не менее 4 м)

Для проверки и доводки разработанных моделей движения тельфера с грузом по заданной траектории была проведена серия экспериментов. В ходе их проведения определялись амплитуда отклонения и центростремительное ускорение в зависимости от изменения скорости и высоты подвеса. Анализ представленных данных позволил сделать вывод, что отклонения результатов измерения от расчетных данных центростремительного ускорения  $a_{цс}$  и амплитуды раскачивания  $z_{пм}$  в зависимости от изменения скорости транспортной тележки от 1 до 3 м/с и изменения высоты подвеса от 0,5 до 2 м находятся в пределах 10 %.

Причиной разброса данных является наличие люфтов в механизмах тельфера, процессов разгона и торможения транспортной тележки.

В пятой главе представлены рекомендации по использованию результатов исследований. Определено, что снижение непроизводительных потерь времени на 7% (на примере ООО «БелМТЗцентр»), связанных с перемещением запасных частей и материалов, позволяет получить дополнительный потенциал по увеличению годовой выработки для предприятий на 142,8 часа, что в денежном эквиваленте составит 256 тыс. руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана структура системы учета рабочего времени, дифференцированная по отдельным категориям исполнителей и его элементам, реализованную программной частью учета рабочего времени (свидетельство о регистрации программы № 2017612972/69), позволяющей анализировать и сопоставлять фактические затраты рабочего времени с нормативными, с учетом особенностей элементов конкретного трудового процесса, а также выявлять нерациональные затраты и потери рабочего времени и их причины на предприятиях технического сервиса.

2. Потери рабочего времени на вспомогательные операции, включая формирование заявки, поиск запасных частей на складе, выписку, оформление документации и перемещение материалов на рабочий пост или участок предприятия, удаление отходов доходят до 42 %. Показано, что разработка средства внутрипроизводственного перемещения запасных частей, материалов и отходов позволяет снизить потери



рабочего времени на 8 %.

3. Предложена компоновочная схема конвейера для перемещения запасных частей, материалов и отходов, включающего в себя направляющую в виде монорельса, тельфер, контейнер для материалов, вспомогательное управляющее и защитное оборудование, пункты загрузки и разгрузки материалов, позволяющие реализовать внутрипроизводственное перемещение грузов с учетом конфигурации и расположения постов, участков, оборудования и инженерных коммуникаций, стен и других частей здания предприятий технического сервиса АПК.

4. Определена скорость перемещения тельфера с контейнером в пределах 2 ... 3 м/с. В этом случае обеспечивается движение груза без соскальзывания внутри контейнера и поломки частей конвейера в результате колебаний. Установлено, что увеличение высоты подвеса контейнера от 0,5 м до 2 м приводит к росту амплитуды раскачивания от 0,05 м до 0,15 м при движении по направляющей (монорельсу) радиусом 0,5 м. При радиусе направляющей 4 м амплитуда раскачивания изменяется от 0,01 м до 0,05 м в том же диапазоне изменения высоты подвеса контейнера. При существенной высоте подвеса 2,0 ... 3,2 м амплитуда раскачивания контейнера не превысит соответственно 0,055 ... 0,1 м. Полученные данные позволяют рассчитывать ширину защитных зон по маршруту движения конвейера.

5. Расчет экономических показателей при использовании программных средств учета потерь рабочего времени и технических средств перемещения запасных частей, материалов и отходов показывает (на примере ООО «БелМТЗцентр»), что дополнительная прибыль предприятия от перевода потерь времени в рабочее используемое время может составить 256 тыс. руб.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Разработка интеллектуальных машинных технологий и технических средств по контролю, управлению, перемещению запасных частей и материалов, удалению отходов на территории предприятий технического сервиса.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

### **Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК**

1. Горбатенко, Д.А. Основы информационной системы учета рабочего времени на производственных участках предприятий технического сервиса / Д.А. Горбатенко, Я.В. Комаров, Е.В. Пухов Е.В. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 9. - С. 38-40.

2. Горбатенко, Д.А. Разработка конструкции устройства для отдельного сбора отработанных масляных фильтров и масел / Д.А. Горбатенко, Я.В. Комаров, Е.В. Пухов Е.В., А.В. Дрозд // Вестник Воронежского ГАУ. - 2015. – № 3 (46). - С. 132-135.

3. Горбатенко, Д.А. Теоретические основы моделирования движения транспортной тележки подвешенного конвейера на предприятиях технического сервиса / Е.В. Пухов, Д.А. Горбатенко // Международный научный журнал. - 2017. - Вып. 4. – С. 121-125 .

## **Патенты на полезные модели и свидетельства о регистрации программ**

4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа учета потерь рабочего времени на предприятиях технического сервиса / Д.А. Горбатенко, Е.В. Пухов, Я.В. Комаров, М.Г. Тимошинов, П.А. Осипов ; правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – № 2017618749 ; заявл. 03.04.2017 ; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 08.08.2017.

## **Статьи в научных журналах и сборниках**

5. Горбатенко, Д.А. Информационная система учета отходов от эксплуатации машин и оборудования на предприятиях технического сервиса / Я.В. Комаров, Е.В. Пухов, Д.А. Горбатенко // Научно-практические аспекты ресурсосберегающих технологий производства продукции и переработки отходов АПК. – 2014. – С. 256-258.

6. Горбатенко, Д.А. Разработка контейнерной площадки для сбора, хранения и транспортировки отходов технического сервиса транспортных и технологических машин / Я.В. Комаров, Д.А. Горбатенко // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика. – 2014. – № 4 ч. 3 (9-3). - С. 437-439.

7. Горбатенко, Д.А. Разработка накопительной площадки для сбора отходов эксплуатации автомобильного транспорта с функциями контроля и передачи информации о степени их наполнения / Я.В. Комаров, Е.В. Пухов, Д.А. Горбатенко // Научно-практические аспекты ресурсосберегающих технологий производства продукции и переработки отходов АПК. – 2014. – С. 253-256.

8. Gorbatenko, D.A. «Lean production» process at the enterprises of motor transport and agricultural machinery maintenance / D.A. Gorbatenko, Y. V. Komarov, E.V. Puhov // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы международной заочной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов на иностранных языках. – 2015. - С. 113-118.

9. Gorbatenko, D.A. The analysis of requirements to collect and store the fulfilled mercury-containing lamps / D.A. Gorbatenko, Y. V. Komarov, E.V. Puhov // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы международной заочной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов на иностранных языках. – 2015. - С. 111-112.

Подписано в печать 04.04.2018 г.  
Формат 60×90 1/16. Объем 1,25 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 151  
Отпечатано в УОП ФГБОУ ВО «ВГЛУ»  
394087, г. Воронеж, ул. Докучаева, 10