

На правах рукописи



МАЛЬЦЕВ ДМИТРИЙ ВИКТОРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА
ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Орел - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)» на кафедре «Автомобили и технологические машины»

Научный руководитель:

Лобов Николай Владимирович

доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

Официальные оппоненты:

Хабибуллин Рифат Габдулхакович

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис транспортных систем» Набережночелнского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

Трясчин Антон Павлович

кандидат технических наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», г. Орел

Ведущая организация:

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва

Защита диссертации состоится **«29» марта 2016 г. в 16.00 часов** на заседании объединенного диссертационного совета Д999.030.03 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на базе ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет», ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по адресу: **302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 426.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте (www.gu-unpk.ru) ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, аудитория 340.

Автореферат разослан «22 » февраля 2016 г. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет» (www.gu-unpk.ru) и на официальном сайте Министерства образования и науки Российской Федерации (vak2.ed.gov.ru).

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации направлять в диссертационный совет по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29. Телефон для справок +79058569797

Ученый секретарь диссертационного совета Д 999.030.03



А.А. Катунин

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Проблема сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО) была и остается актуальной в России и за рубежом. Низкая культура обращения с отходами у населения и отсутствие должного контроля приводит к тому, что в мусорные баки попадают как бытовые отходы, так и более плотный и тяжелый мусор, например, строительный. Плотность ТБО изменяется в широком диапазоне значений, поэтому заполненные баки одинакового объема могут значительно отличаться по массе. Масса баков может превышать предельную грузоподъемность погружного оборудования специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО. Однако, необходимость учета динамических нагрузок и различных условий эксплуатации автомобиля приводит к тому, что предохранительное оборудование настраивается на большее давление и позволяет осуществлять подъем баков с массой, превышающей предельно допустимую. Отсутствие технической возможности определения массы ТБО во время подъема баков, приводит к повышенному износу и отказам погружного оборудования, сходу с линии автомобиля. Существует проблема организации своевременного вывоза перегруженных баков с помощью специализированного транспорта, т.к. отсутствуют оперативные данные, что приводит к нарушению санитарных правил обращения с отходами. Это свидетельствует об *актуальности* темы исследования.

Проблемам повышения эффективности перевозок ТБО посвящены работы ученых Н.М. Моисеевой, А.В. Олимпиева, Е.С. Северовой, Е.В. Кожевникова и др. Контроль загрузки и учет работы автосамосвалов исследован в работе М. А. Семенова. Исследованию погружных гидроманипуляторов посвящены работы В. Н. Хаврониной, Н.В. Кривельской. Большой вклад в исследование проблем эксплуатации специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО внесли ученые А. А. Домницкий, П. Г. Карпухин, Г. Л. Карабан, Р.В. Каргин и др. Однако, остаются недостаточно проработанными вопросы организации перевозочного процесса ТБО.

Решение важной научно-практической задачи повышения производительности и эксплуатационной надежности специализированного автомобильного транспорта, осуществляющего сбор и транспортировку ТБО возможно за счет создания комплексного подхода организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза.

Степень разработанности темы. Большинство исследований по совершенствованию организации сбора и транспортировки ТБО посвящены в основном выбору оптимальных маршрутов, повышению эффективности управления процессами перевозок, планированию перевозок.

Контролю загрузки и учету работы автомобилей посвящено ограниченное число работ, в которых масса груза определяется либо после полной загрузки кузова автомобиля, либо расчетными методами. Данные подходы не позволяют оперативно определить коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, доказать факт превышения массы бака, оперативно пе-

редать информацию о перегруженном баке и вывезти его с помощью другого транспорта. Таким образом, тема диссертации является малоизученной и требует методической и экспериментальной проработки.

Целью работы является повышение производительности и эксплуатационной надежности специализированного автомобильного транспорта, осуществляющего сбор и транспортировку ТБО за счет определения массы груза и оперативного управления перевозочным процессом.

Для достижения цели **поставлены и решены следующие взаимосвязанные задачи:**

1. Провести исследование современных проблем эксплуатации специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО.
2. Разработать математическую модель работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов различной массы с учетом пространственного положения его погрузочного оборудования.
3. Разработать комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза.
4. Разработать устройство для определения массы груза с возможностью передачи данных, провести его эксплуатационные испытания.
5. Выполнить анализ влияния на показатели надежности погрузочного оборудования специализированных автомобилей предложенного комплексного подхода и устройства для определения массы груза.

Объектом исследования являются специализированные автомобили для сбора и транспортировки ТБО с боковой и задней загрузкой.

Предметом исследования являются функциональные зависимости и параметры, характеризующие перевозочный процесс ТБО.

Научная новизна:

1. Математическая модель работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов различной массы с учетом пространственного положения его погрузочного оборудования.
2. Комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО с возможностью определения и контроля массы груза, с последующей передачей данных.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке математической модели работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов различной массы с учетом пространственного положения его погрузочного оборудования, позволяющей моделировать изменение температуры, плотности и давления рабочей жидкости (РЖ) в гидравлической системе.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработаны комплексный подход и устройство для определения массы грузов, позволяющие повысить производительность и эксплуатационную надежность специализированных автомобилей, а также повысить оперативность принятия решений при управлении перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза.

Методология и методы исследования. В работе использовались методы математического и физического моделирования, программирование, численные методы решения дифференциальных уравнений, статистическая обработка данных, методы планирования эксперимента, корреляционный и регрессионный анализ, методы натурных наблюдений.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты исследования современных проблем эксплуатации специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО.

2. Математическая модель работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов различной массы с учетом пространственного положения его погрузочного оборудования.

3. Комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО с возможностью определения и контроля массы груза, с последующей передачей данных.

4. Устройство для определения массы груза с возможностью передачи данных, провести его эксплуатационные испытания.

5. Результаты анализа надежности погрузочного оборудования специализированных автомобилей.

6. Технико-экономические показатели эксплуатации специализированных автомобилей с применением разработанного комплексного подхода и устройства определения массы грузов.

Апробация и реализация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили одобрение: на 70-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ «Проблемы совершенствования конструкции строительных, дорожных, коммунальных и аэродромных машин» - г. Москва, МАДИ, 2 февраля 2012 г.; на Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» - г. Пермь, ПНИПУ, 26-28 апреля 2012 г.; на Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров «Особенности эксплуатации автотранспортных средств в дорожно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. Проблемы сертификации, диагностики, контроля технического состояния» - г. Иркутск, ИрГТУ, 18-20 сентября 2013 г.; на Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в науке, технике и технологиях» - г. Ижевск, УдГУ, 28-29 апреля 2014 г.; на Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» - г. Пермь, ПНИПУ, 24-25 апреля 2014 г.; на Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» - г. Орел, Госуниверситет-УНПК, 19-20 мая 2015 г.

Научные результаты диссертационной работы, реализованные в виде комплексного подхода и устройства определения массы, прошли эксплуатационные испытания и внедрены на заводе-изготовителе специализирован-

го автомобильного транспорта для сбора и транспортировки ТБО ООО «Пламя» в г. Перми и предприятии ООО «ВМ-Сервис».

Достоверность результатов обеспечивается принятой методологией исследования, включающей в себя современные научные методы, апробацией при обсуждении результатов на международных научно-практических конференциях. Это позволило обеспечить презентативность, доказательность и обоснованность разработанных подходов и полученных результатов.

Достоверность комплексного подхода и выводов диссертационной работы подтверждена положительными результатами при использовании и внедрении на предприятиях г. Перми.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 15 печатных работ, в том числе 3 в ведущих изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, получен патент на полезную модель.

Структура и объем диссертационной работы. Основная часть диссертации изложена на 142 страницах, включает в себя введение, 4 главы, заключение и список использованной литературы из 107 наименований.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована основная цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, изложены выносимые на защиту положения.

В первой главе **«Современные проблемы эксплуатации специализированного транспорта»** представлена информация о парке автомобилей для сбора и вывоза отходов, проведено исследование проблем эксплуатации специализированного транспорта.

Дана классификация и проанализирован парк специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО города с миллионным населением. Установлено, что большую часть парка составляют автомобили с боковой загрузкой мусора (более 50%), на втором месте автомобили с задней загрузкой (более 30 %), остальные - контейнерные. Для проведения исследований были выбраны автомобили с боковой и задней загрузкой мусора. По данным, полученным на полигонах города Перми, оснащенных автомобильными весами, определено, что коэффициент использования грузоподъемности автомобилей с боковой загрузкой составляет 0,52-0,63, с задней загрузкой 0,66-1,47. Таким образом, автомобили с задней загрузкой на некоторых маршрутах значительно перегружаются.

Проведен анализ методов определения массы перевозимого груза автомобильным транспортом, дана их классификация. Установлено, что для решения задачи определения массы ТБО оптимальным является метод, основанный на измерении давления РЖ в гидравлической системе. Реализовать данный метод возможно в виде системы, встроенной в автомобиль. Выполнен обзор и анализ бортовых систем, по его результатам разработаны требования к устройству учета и контроля массы ТБО и его схема.

Описаны функции разрабатываемого устройства, выбран прототип, приведен состав оборудования. Определены факторы, влияющие на величину давления рабочей жидкости, следовательно, и на точность измерений это: пространственное положение погружочного оборудования специализированного автомобиля во время взвешивания, угол наклона автомобиля относительно горизонтальной поверхности, масса груза.

Во второй главе «**Теоретическое исследование. Разработка математической модели работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов**» обоснована возможность использования выбранного метода, измерения массы груза, выбран подход к моделированию, разработана математическая модель.

Представлен состав и порядок работы погружочного оборудования специализированных автомобилей. Изложен анализ установившегося режима работы погружочного оборудования. Расчетными методами определен диапазон изменения давления РЖ при подъеме грузов различной массы, выбранный метод определения массы может быть использован на автомобилях для сбора и транспортировки ТБО.

Рассмотрены существующие подходы к моделированию изменения давления РЖ в гидроцилиндре погружочного оборудования специализированного автомобиля при подъеме грузов различной массы. Фундаментальный вклад в теоретические и экспериментальные исследования гидропривода внесли Т. М. Башта, В.Е. Егорушкин, Д.В. Штеренлихт, Ю. М. Орлов, В.Н. Прокофьев и др. Проблеме расчета переходных процессов в гидросистеме посвящены работы Л.М. Тарко, А.А. Никитина, Д. Н. Попова, Л.В. Рабиновича и др.

Выбран подход, используемый в работах Подчуфарова Б.М., Подчуфарова Ю.Б. для создания математической модели и разработана логическая схема модели.

Для каждого элемента структурной схемы модели составлено математическое описание. Математическое описание функционирования насоса и гидроцилиндров состоит из двух подсистем уравнений:

а) подсистема, описывающая изменение состояния рабочего тела, включает:

- уравнение скорости изменения плотности рабочего тела;
- уравнение скорости изменения давления рабочего тела;
- скорость изменения температуры получена с помощью уравнения состояния Ван-дер-Ваальса;

б) подсистема, описывающая движение твердых звеньев, включает:

- уравнение перемещения поршня насоса
- уравнение скорости поршня насоса
- уравнение движения поршня гидроцилиндра

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{m_p} \cdot (S_p \cdot \Delta p - R_n - h \cdot V), \quad (1)$$

- уравнение координаты перемещения поршня

$$\frac{dX_g}{dt} = V_g, \quad (2)$$

где X_g – координата перемещения поршня гидроцилиндра, м; V_g – скорость перемещения поршня гидроцилиндра, м/с; m_p – масса штока с поршнем гидроцилиндра, кг; S_p – площадь поршня, м^2 ; R_n – нагрузка на штоке, Н; h – коэффициент трения; Δp – перепад давлений в левой и правой полости (относительно поршня) гидроцилиндра, Па.

В разработанной математической модели нагрузка на штоке гидроцилиндра R_n задается без учета пространственного положения погрузочного оборудования. Для повышения точности расчетов предлагается дополнить модель коэффициентом k , характеризующим изменение нагрузки на штоке гидроцилиндра в зависимости от пространственного положения погрузочного оборудования.

В отличие от автомобиля с задней загрузкой кинематика движения погрузочного оборудования автомобиля с боковой загрузкой является более сложной, поэтому расчет пространственного положения манипулятора выполнен для автомобиля с боковой загрузкой баков. Погрузочное оборудование является сложной механической системой, поэтому определение реакций связей с помощью уравнений равновесия будет слишком громоздким и малопригодным (Рисунок 1).

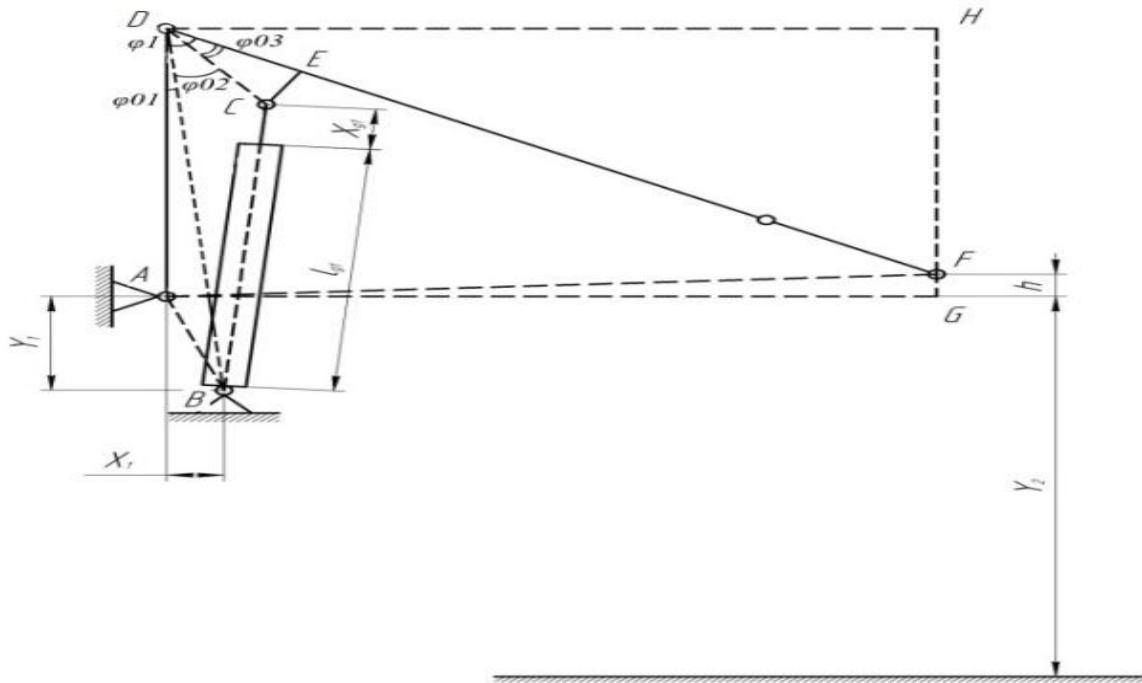


Рисунок 1 – Расчетная схема погрузочного оборудования

где X_1 , Y_1 – расстояние между местами крепления рамы манипулятора и ГЦ; l_{g1} – длина гильзы ГЦ; X_{g1} – перемещение поршня ГЦ; Y_2 – расстояние от места крепления рамы манипулятора до поверхности земли; h – высота подъема бака с отходами относительно места крепления рамы манипулятора; Φ_01 – $\angle ADB$, град; Φ_02 – $\angle BDC$, град; Φ_03 – $\angle CDE$, град; Φ_1 – $\angle ADE$, град;

В данном случае целесообразнее использовать принцип возможных перемещений, согласно которому условием равновесия системы сил, приложенных к погрузочному оборудованию, поднимающему груз и подчиненному стационарным двусторонним и идеальным связям, заключается в равенстве нулю суммы элементарных работ нагрузки на штоке гидроцилиндра излома стрелы и веса груза на любом возможном перемещении системы из рассматриваемого положения:

$$p_1 \cdot S_{p_1} \cdot \delta X_{g1} - m_b \cdot g \cdot \delta h = 0, \quad (3)$$

где p_1 – давление в подпоршневой полости гидроцилиндра излома стрелы, Па; S_{p_1} – площадь поршня гидроцилиндра излома стрелы, м^2 ; δX_{g1} – возможное перемещение поршня гидроцилиндра излома стрелы, м; m_b – масса бака с отходами, Н; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; δh – возможное перемещение бака с отходами, м.

Путем преобразований определен коэффициент изменения нагрузки на штоке гидроцилиндра в зависимости от пространственного положения погрузочного оборудования. Для этого из уравнения необходимо выразить величину давления p_1 :

$$p_1 = \frac{m_b \cdot g \cdot l_{DF} \cdot \sin(\varphi_1) \cdot (l_1 + X_{g1})}{S_{p_1} \cdot l_{BD} \cdot l_{CD} \cdot \sin(\varphi_{02})}, \quad (4)$$

где l_{DF} , l_{BD} , l_{CD} – геометрические характеристики погрузочного оборудования специализированных автомобилей.

Для учета пространственного положения погрузочного оборудования используется коэффициент k , он представлен как отношение текущего давления p_1 к максимальному давлению $p_{1\max}$ при подъеме груза одной и той же массы, но при различных углах наклона манипулятора φ_1 .

$$k = \frac{p_1}{p_{1\max}}, \quad (5)$$

Для предупреждения неисправностей погрузочного оборудования при подъеме баков, масса которых превышает предельно допустимую, взвешивание необходимо проводить при минимально возможном подъеме бака, т.е. на высоту 100-150 мм над уровнем площадки. Учитывая, что высота стандартного бака 900 мм, а также высоту подъема 100-150 мм, угол φ_1 составит 60-63°, соответственно, коэффициент k будет изменяться в диапазоне 0,97-1.

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований» изложены методики планирования эксперимента, сбора и обработки экспериментальных данных, тарировки систем измерения.

Проанализированы факторы, влияющие на величину давления жидкости, установлены их области определения для проведения экспериментов на лабораторном стенде и на автомобиле. Выбрана методика планирования эксперимента. Приведено описание методики проверки адекватности математической модели реальному объекту.

Для верификации математической модели был разработан стенд (физическая модель гидросистемы погружного оборудования автомобиля) с одним гидроцилиндром двустороннего действия. Общий вид стенда представлен на рисунке 2.

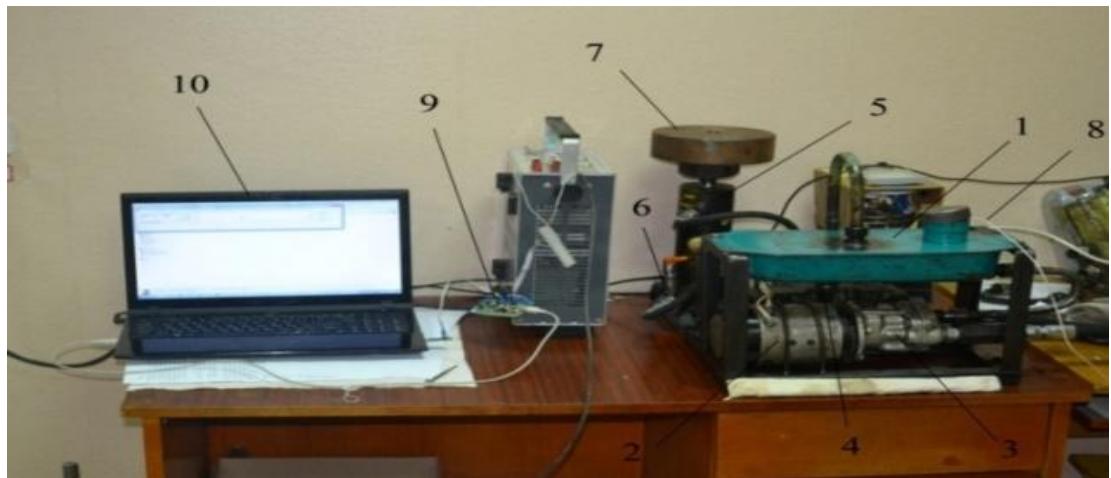


Рисунок 2 - Общий вид стенда

1 – масляный бак, 2 – электродвигатель, 3 – масляный насос, 4 – гидрораспределитель, 5 – гидроцилиндр, 6 – датчик давления, 7 – груз, 8 – термопара, 9 – аналого-цифровой преобразователь, 10 – ноутбук

Изготовлен прототип устройства для взвешивания ТБО (Рисунок 3).

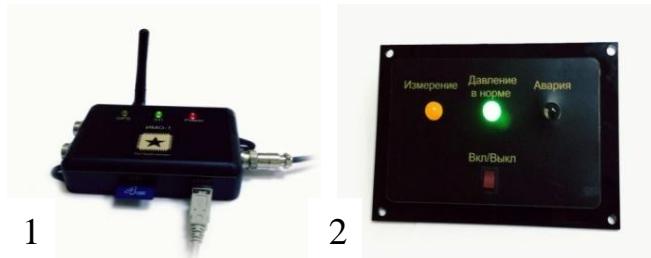


Рисунок 3 - Внешний вид устройства

1 - терминал, 2 – индикаторный блок
ратуры. Определена погрешность систем измерения.

В четвертой главе «Результаты исследований» представлены результаты экспериментальных и аналитических исследований, дана оценка адекватности математической модели, представлен разработанный комплексный подход, определены показатели надежности погружного оборудования автомобилей для сбора и транспортировки ТБО.

Представлены результаты исследования влияния каждого из трех факторов (пространственного положения манипулятора, массы груза, угла наклона автомобиля относительно горизонтальной поверхности) на величину давления РЖ. После обработки данных был сделан вывод о том, что во всех трех случаях величины зависимости, наиболее значимым фактором, влияющим на величину давления РЖ, является масса поднимаемого груза, на втором месте – пространственное положение погружного оборудования. Углом наклона автомобиля, при условии взвешивания баков в одном и том же положении погружного оборудования, можно пренебречь, т.к. большинство

Произведен выбор датчиков, представлено описание и основные характеристики системы преобразования сигналов с датчиков. Выбрана методика оценки погрешностей аналого-цифрового преобразователя и методика тарировки датчиков давления и температуры. Определена погрешность систем измерения.

мест сбора ТБО в городах являются благоустроенными ровными площадками.

По результатам экспериментальных исследований на физической модели были получены коэффициенты, позволяющие уточнить и дополнить математическую модель

На автомобилях с боковой и задней загрузкой ТБО была проведена тарировка с целью получения зависимости давления РЖ в гидроцилиндре от величины массы груза (Рисунок 4).



Рисунок 4 - Положение погружочного оборудования во время тарировки

в статическом положении погружочного оборудования.

Данные, собранные во время тарировки, представлены на рисунке 5.

Результаты тарировки подтверждают, что для корректного определения массы груза достаточно среднего значения давления РЖ в гидроцилиндре за 1-2 с статического взвешивания.

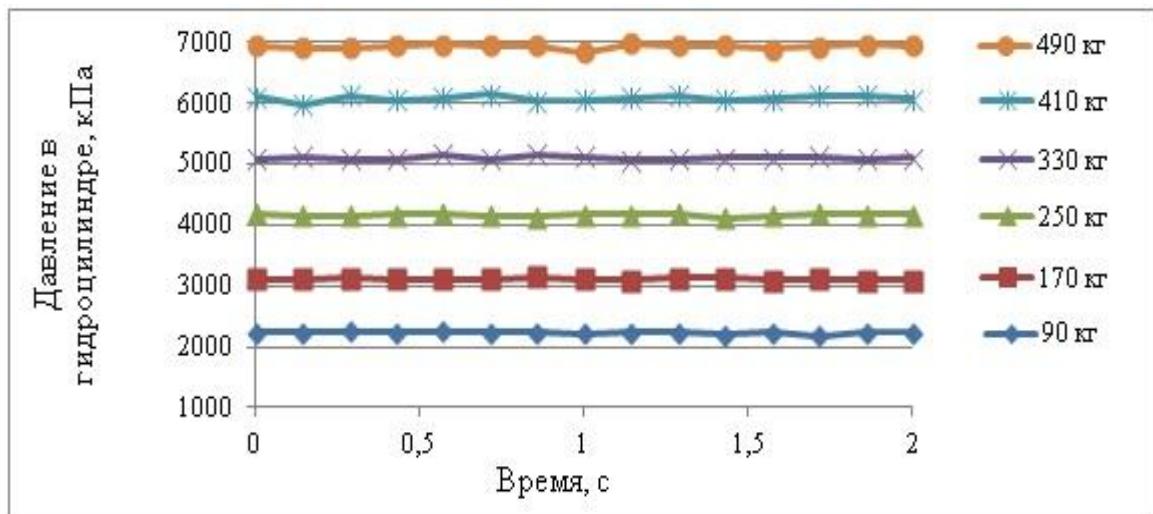


Рисунок 5- Изменение давления РЖ в гидроцилиндре во время взвешивания

На рисунке 6 представлена зависимость среднего давления в гидроцилиндре во время взвешивания от массы бака с грузами.

Вместо ТБО стандартный бак нагружался эталонными грузами.

За 2 с взвешивания давление в гидроцилиндре практически не менялось. Отсутствие пульсаций, скачкообразного изменения давления позволит корректно определять массу поднимаемого груза, что подтверждает правильность взвешивания

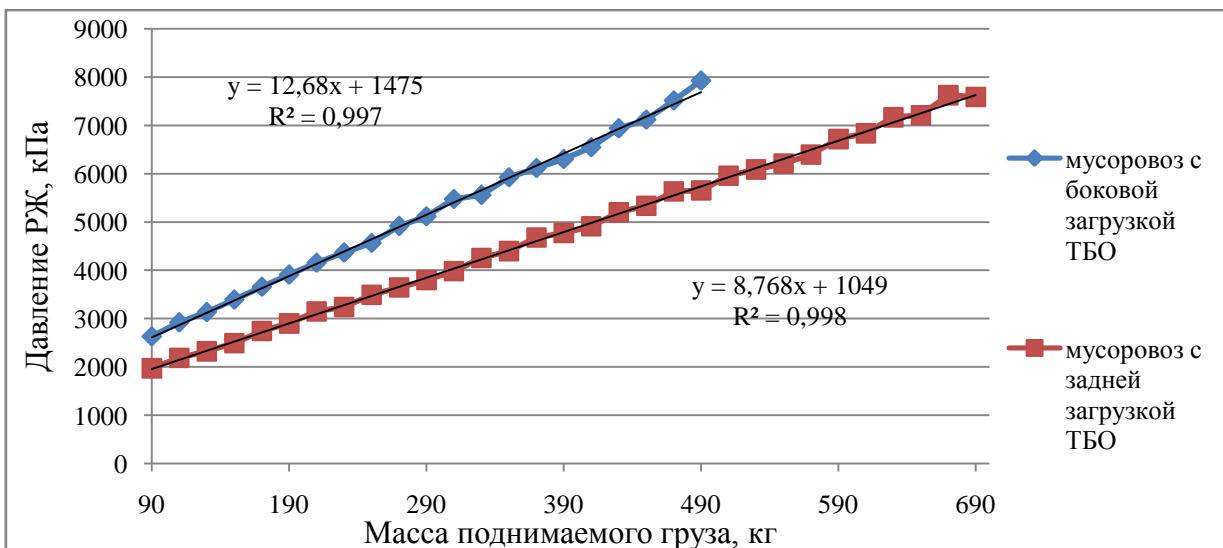


Рисунок 6 - Зависимость давления РЖ в гидроцилиндре от массы груза.

Оценка адекватности модели реальному объекту проводилось при помощи критерия Фишера (F-критерий), при доверительной вероятности $P=1-\alpha$, $\alpha=0,05$.

На рисунке 7 представлено сравнение расчетных и экспериментальных данных.

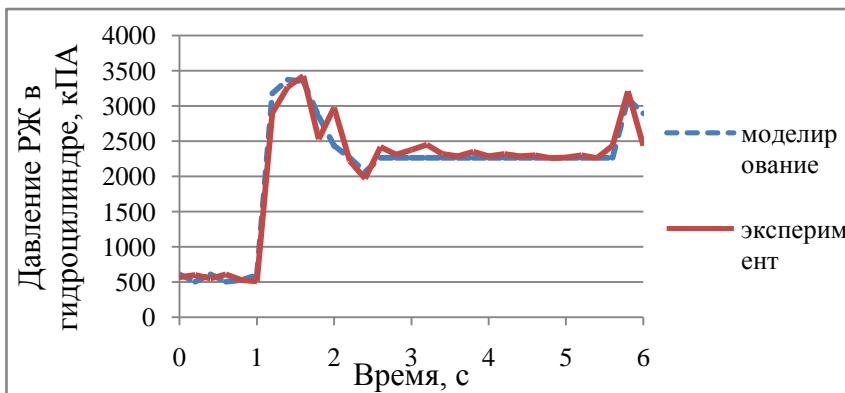


Рисунок 7 - Сравнение расчетных и экспериментальных данных

и адекватна реальным процессам. Математическая модель может быть использована для аналитических исследований.

На основе экспериментальных данных предложен комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза, заключающийся в разработке 2 методик: методики погрузки ТБО в специализированный автомобильный транспорт с возможностью определения и контроля массы груза и методики оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза.

Методика погрузки ТБО в специализированный автомобильный транспорт выглядит следующим образом:

1. провести подготовительные операции перед погрузкой ТБО;
2. захватить бак с ТБО при помощи погрузочного оборудования;
3. начать подъем,

Расчетное значение критерия Фишера оказалось меньше табличного значения, т.е. математическая модель работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов различной массы значительно описывает результаты экспериментальных исследований

3.1. если загорелся красный индикатор на индикаторном блоке устройства и раздался звуковой сигнал, прекратить подъем, перейти к загрузке другого контейнера;

3.2. если индикаторы не горят и отсутствует звуковой сигнал, то выставить звено **a** (Рисунок 8) в вертикальное положение, при этом бак должен находиться на высоте 100-150 мм от площадки;

4. остановить погрузочное оборудование, затем с помощью кнопки на индикаторном блоке перевести устройство определения массы в режим измерений;

5. провести статическое взвешивание в течение 1-2 с:

5.1. если на блоке загорелся зеленый индикатор, продолжить подъем;

5.2. если на блоке загорелся красный индикатор, опустить бак;

6. с помощью кнопки на индикаторном блоке перевести устройство в режим мониторинга;

7. продолжить загрузку ТБО /поднимать следующий бак;

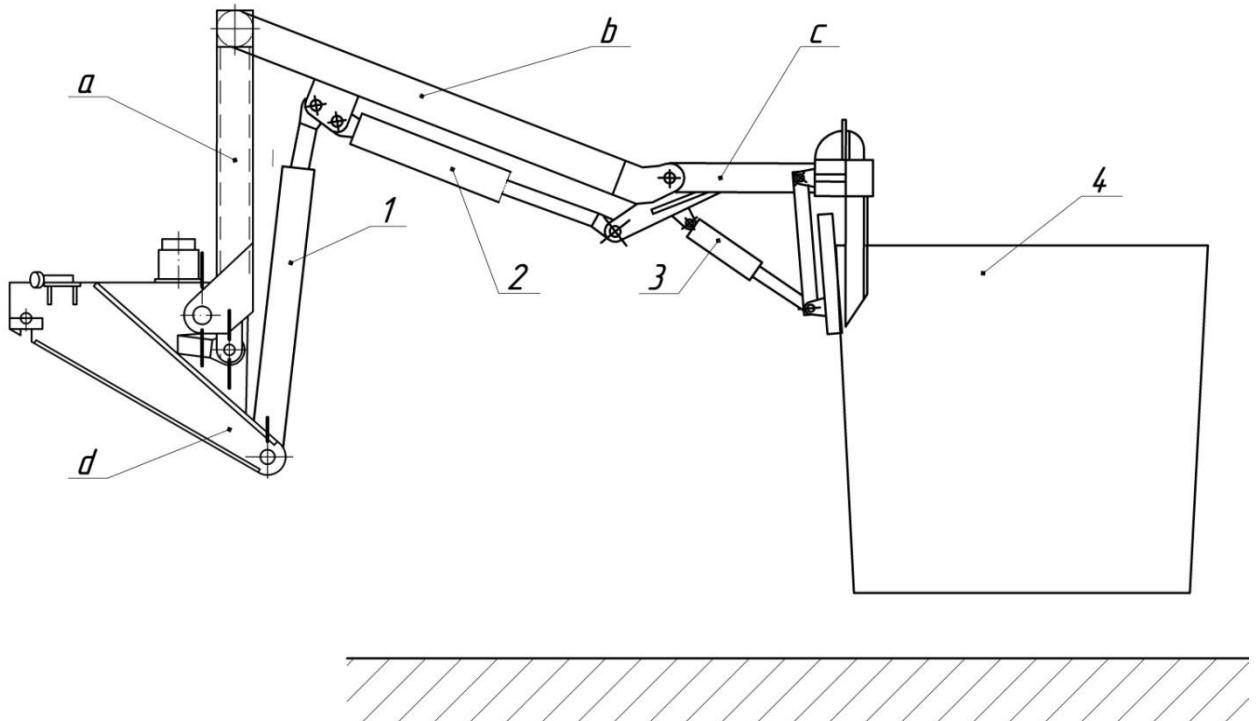


Рисунок 8 - Пространственное положение погрузочного оборудования при взвешивании бака с ТБО

1 – гидроцилиндр излома стрелы, 2 – гидроцилиндр опрокидывания бака, 3 – гидроцилиндр захвата, 4 – бак, а, б, с, д – звенья манипулятора.

Алгоритм расчета массы ТБО:

1. Рассчитывается среднее арифметическое из первых X значений давления \bar{p} (X задается в программном обеспечении).
2. Определяется масса бака с ТБО по заранее заданной формуле вида:

$$m_b = \frac{1}{k} \cdot \frac{\bar{p} \cdot S_{p1} \cdot l_{BD} \cdot l_{CD} \cdot \sin(\varphi_{02})}{g \cdot l_{DF} \cdot \sin(\varphi_1) \cdot (l_1 + X_{g1})} \quad (7)$$

3. Из полученного значения вычитается масса бака M_{bak} .

4. Рассчитывается текущий коэффициент использования грузоподъемности специализированного автомобиля.
5. Данные сохраняются в памяти устройства и передаются на сервер. Создан алгоритм работы устройства определения массы грузов, загружаемых в автомобильный транспорт (Рисунок 9).

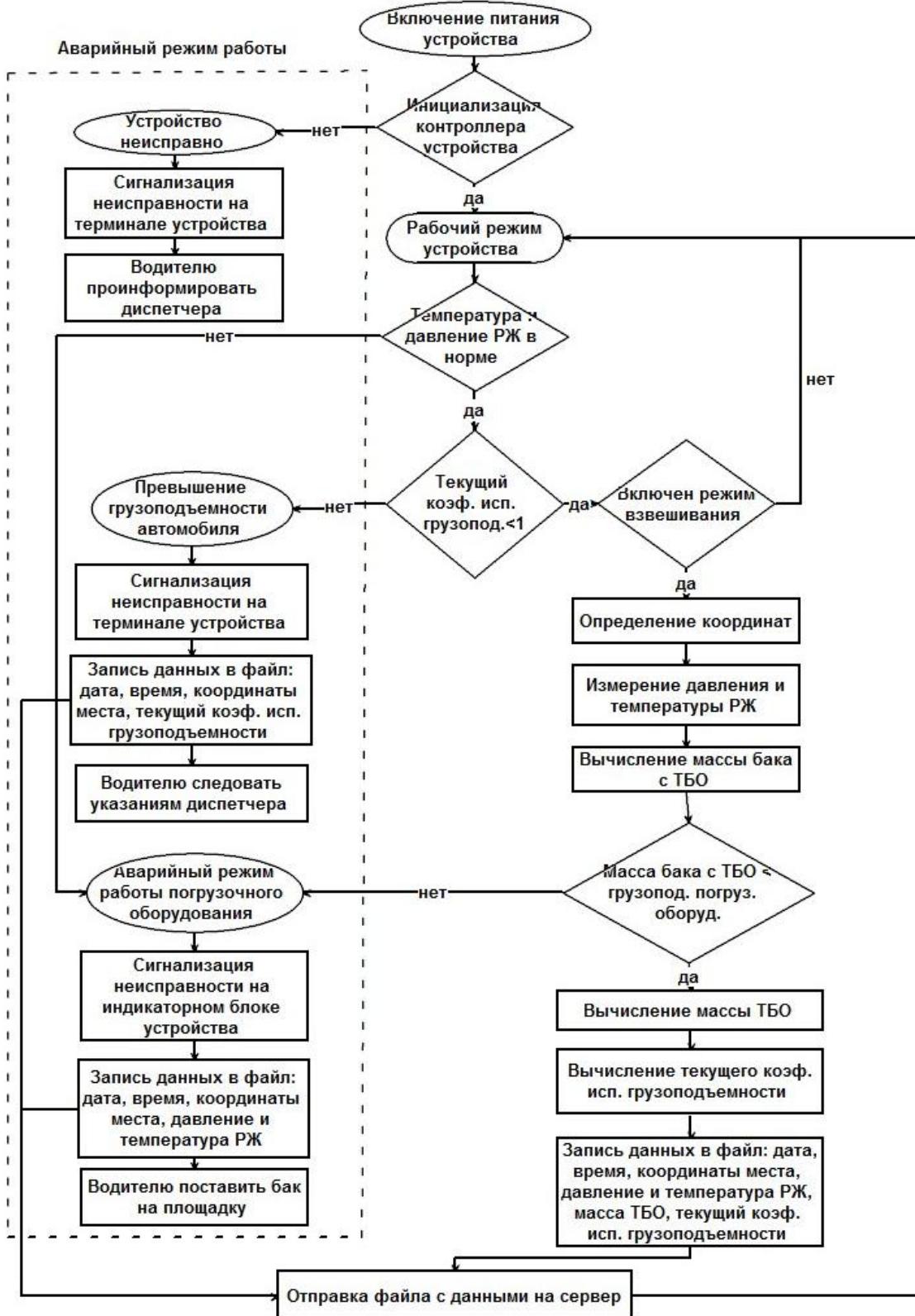


Рисунок 9 - Структурная схема алгоритма работы устройства

С помощью устройства производится сбор и передача на удаленный сервер следующей информации: дата и время, маршрут движения, координаты мест сбора отходов, масса отходов в каждом баке, загруженном на борт, масса отходов в кузове автомобиля. В случае превышения предельно допустимой массы бака или превышения грузоподъемности автомобиля незамедлительно на сервер отправляется информация об аварийном режиме работы.

По изложенной методике был проведен эксперимент, бак с ТБО взвешивался при помощи устройства и на поверенных складских весах с диапазоном измерений от 0 до 500 кг. Относительная погрешность измерений составила не более 5%.

Для повышения оперативности вывоза перегруженных баков разработана методика оперативного управления перевозочным процессом твердых бытовых отходов (Рисунок 10).

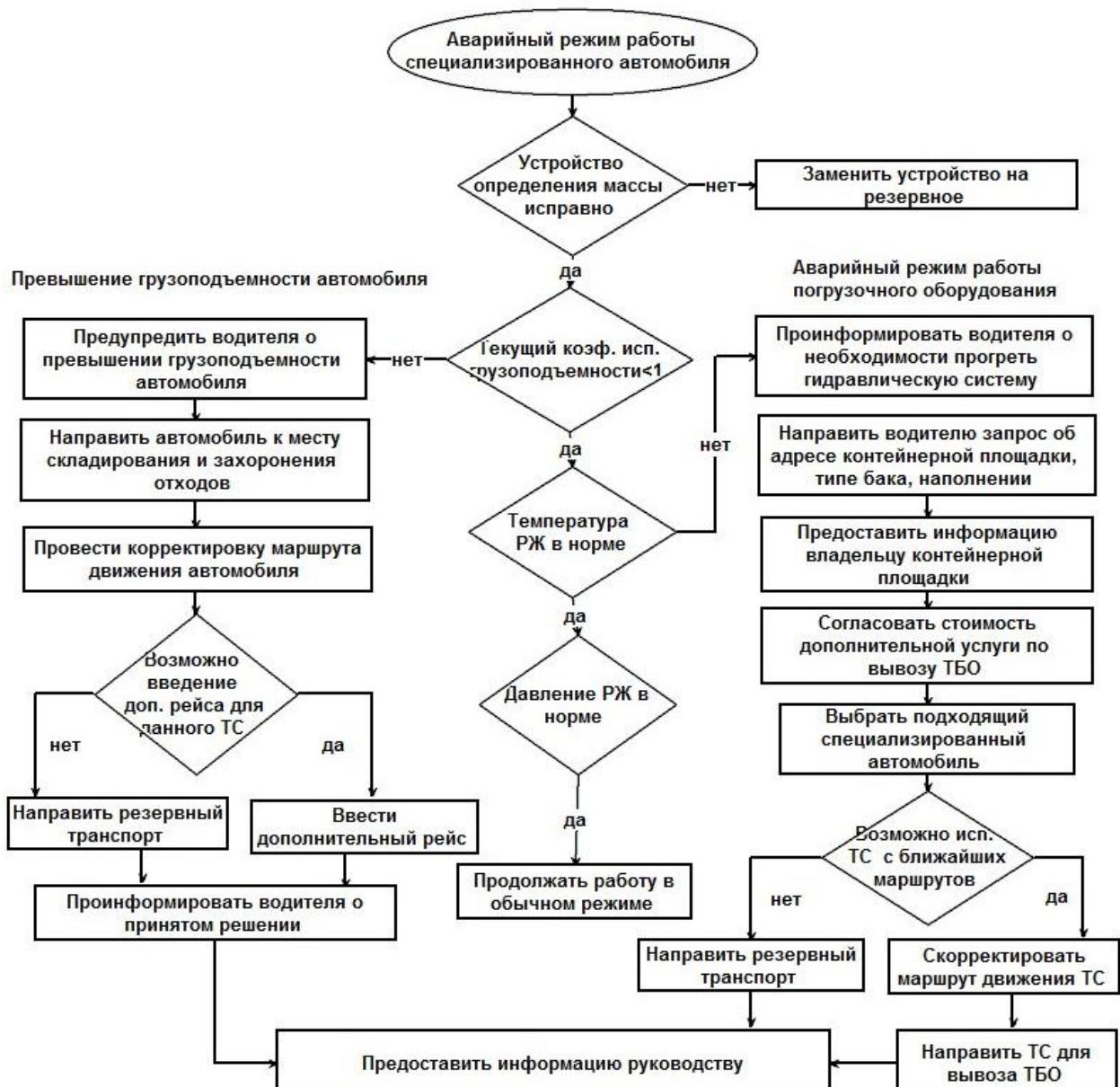


Рисунок 10 - Методика оперативного управления перевозочным процессом ТБО

Методика позволяет диспетчеру оперативно принимать решения при аварийных режимах работы: для случаев обнаружения перегруженного бака и для случаев возможного превышения предельно допустимой массы груза, перевозимого автомобилем. Использование методики позволило лимитировать загрузку кузова автомобилей и значительно ускорить вывоз перегруженных баков.

Проведены эксплуатационные испытания устройства. Установлено, что 1-2 % баков на маршрутах имеют массу, превышающую предельно допустимую для погружного оборудования автомобиля, обслуживающего данный маршрут. Для вывоза таких баков оперативно направлялся другой транспорт.

Специализированные автомобили с боковой загрузкой отходов используются на 50-60% от максимальной грузоподъемности. На двух из шести обследованных маршрутах специализированные автомобили с задней загрузкой используются на 120-147% от максимальной грузоподъемности, т.е. значительно перегружаются. Эти маршруты исследованы дополнительно. С помощью устройства учета и контроля массы ТБО предотвращались попытки превышения предельно допустимой массы груза перевозимого автомобилем. Коэффициент использования грузоподъемности автомобилей был снижен до значения не превышающего 1.

Внедрение комплексного подхода и устройства определения массы позволило лимитировать загрузку кузова автомобилей, предупредить подъем перегруженных баков и повысить оперативность их вывоза, снизить интенсивность отказов погружного оборудования и повысить среднюю наработку на отказ гидравлического оборудования на 20%, металлической конструкции на 18%.

По результатам анализа технико-экономических показателей эксплуатации специализированных автомобилей с применением разработанного комплексного подхода и устройства определения массы грузов установлено, что внедрение позволяет повысить годовую прибыль от эксплуатации автомобиля на 168 тыс. руб., за счет повышения производительности на 5% и снижения удельных годовых затрат на 4%.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе разработанных экспериментально-расчетных зависимостей и комплексного подхода решена важная научно-практическая задача повышения производительности и эксплуатационной надежности специализированного автомобильного транспорта, осуществляющего сбор и транспортировку ТБО.

2. Анализ современных проблем эксплуатации показал, что на некоторых маршрутах коэффициент использования грузоподъемности специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО составляет от 0,52 до 1,47. Установлено, что в среднем 1-2% баков перегружены, и отсутствие оперативной информации не позволяет организовать своевременный вывоз таких баков.

3. Разработана математическая модель работы специализированного автомобиля, позволяющая рассчитывать изменение давления рабочей жидкости при подъеме грузов различной массы. Модель дополнена коэффициентом k , учитывающим пространственное положение манипулятора во время взвешивания. Установлено, что во время взвешивания коэффициент k изменяется в диапазоне 0,97-1.

4. Разработан комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза. Использование комплексного подхода позволило повысить эксплуатационную надежность погрузочного оборудования, ограничить загрузку кузова автомобиля и повысить оперативность вывоза перегруженных баков.

5. Разработано устройство определения массы грузов, загружаемых в автомобиль погрузочным оборудованием и программное обеспечение к устройству. Устройство может быть установлено на автомобиль дополнительно в условиях АТП. Проведены ходовые испытания.

6. Использование устройства определения массы и комплексного подхода позволило снизить интенсивность отказов погрузочного оборудования и повысить среднюю наработку на отказ гидравлического оборудования на 20%, металлической конструкции на 18%.

7. Внедрение устройства определения массы и разработанного комплексного подхода, позволило повысить годовую прибыль от эксплуатации специализированного автомобиля на 168 тыс. руб, за счет увеличения производительности на 5% и снижения удельных годовых затрат на 4%.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

- в изданиях из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК Минобрнауки:

1. Мальцев Д.В. Определение массы твердых бытовых отходов, загружаемых коммунальным транспортом в местах сбора с использованием средств спутниковой навигации/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Автотранспортное предприятие. – 2012. - №2.– С. 45-48.

2. Мальцев Д.В. Положение манипулятора мусоровоза и степень его нагруженности/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон// Автомобильная промышленность. – 2014. - №10. – С. 18-19.

3. Мальцев Д.В. Совершенствование организации перевозочного процесса твердых бытовых отходов автомобильным транспортом/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, М.Г. Бояршинов //Мир транспорта и технологических машин. – 2016. - №1. – С. 19-26.

- в прочих изданиях

4. Мальцев Д.В. Аналитическое обоснование возможности определения массы твердых бытовых отходов, загружаемых коммунальным транс-

портом в местах сбора/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Р.Н. Хмелев, Е.М. Генсон// Строительные и дорожные машины. – 2012. - №7. – С. 6-8.

5. Мальцев Д.В. Локализация момента съема информации для определения массы мусора во время работы манипулятора мусоровоза/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Строительные и дорожные машины. – 2013. - №3. – С. 8-11.

6. Мальцев Д.В. Результаты исследования физической модели гидросистемы мусоровоза/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Строительные и дорожные машины. – 2014. - №5. – С. 2-5.

7. Мальцев Д.В. Выбор рационального способа определения массы перевозимого груза мусоровозным транспортом/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Н.И. Фомина // Вестник ПГТУ. – 2011. - №1. – С. 119-123.

8. Мальцев Д.В. Определение оптимальных временных интервалов передачи данных системой спутникового мониторинга во время определения массы мусора, загружаемого в местах сбора/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон и др./ Вестник ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. - №2. – с. 42-47.

9. Мальцев Д.В. Опыт определения веса твердых бытовых отходов, во время загрузки в коммунальный транспорт, с использованием средств спутниковой навигации/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Твердые бытовые отходы: системы управления и технические решения [Электронный ресурс]: сб. докл. Междунар. ассоц. по твердым отходам, Москва, 28-29 мая 2013 г./ ISWA Intern. Solid Waste Assoc. – Москва: SIBICO Intern. Ltd., 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM): 7с. – Загл. с экрана.

10. Мальцев Д.В. Studie zur Ermittlung des Gewichtes von trockenen Siedlungsabfällen bei der Beladung der kommunalen Beförderungsmittel mit Verwendung der Satellitennavigation/ Исследование способа определения веса твердых отходов, при подъеме, с использованием средств спутниковой навигации/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов// Инновационные процессы в исследовательской и образовательной деятельности: материалы Междун. науч.-практ. конф., 23 апреля 2013 г., г. Пермь. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - с. 91-93.

11. Мальцев Д.В. Определение массы твердых бытовых отходов, загружаемых в кузов мусоровоза гидроманипулятором, в момент подъема бака с мусором в местах сбора с использованием средств спутниковой навигации/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Машиностроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 11 июня 2012 г., г. Ижевск /Ижев. гос. техн. ун-т им М.Т. Калашникова [и др.] - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, - 2012. – с. 90-92.

12. Мальцев Д.В. Термодинамическая модель гидросистемы мусоровоза МК-20 для определения массы груза поднимаемого манипулятором / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы [3-ей] Междун. науч.-практ. конф., 21-23 мая 2013 г., г. Орел/ М-во образования и науки Рос. Федерации. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2013. – с. 164-168.

13. Мальцев Д.В. Совершенствование организации сбора твердых бытовых отходов в коммунальный транспорт/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, М.Г. Бояршинов // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 19-20 мая 2015 г., г. Орел. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2015. – с. 69-77.

14. Мальцев Д.В. Муниципальная геоинформационная система мониторинга сбора и транспортировки твердых бытовых отходов/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон и др.// Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (с междунар. участием), 14-15 нояб. 2014 г., г. Пермь. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. – с. 309-313.

15. Мальцев Д.В. Экспериментальное определение массы твердых бытовых отходов в местах сбора во время загрузки в коммунальный транспорт/ Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы международной науч.-практ. конф., 23-24 апреля 2015 г., г. Пермь. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. - с. 95-99.

Патенты

16. Пат. 143665 Российская федерация, МПК G01G 19/08. Устройство для определения массы груза, загружаемого в транспортное средство подъемным устройством / Н.В. Лобов, Н.И. Фомина, **Д.В. Мальцев**, Е.М. Генсон - №2012127537/28; заявл. 02.07.2012; опубл. 27.07.2014, Бюл. №21. - 3 с.