

На правах рукописи

Чулков Андрей Сергеевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ
СО СМЕННЫМИ КУЗОВАМИ
ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства
механизации сельского хозяйства
(технические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2013

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии)

Научный руководитель: д-р техн. наук, академик Россельхозакадемии
Измайлов Андрей Юрьевич.

Официальные оппоненты: **Рычков Виктор Анатольевич,**
д-р техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии), зав. отделом механизации процессов грузообработки средств химизации;
Пильщиков Владимир Львович,
канд. техн. наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина» (ФГБОУ ВПО МГАУ), профессор кафедры автомобильного транспорта.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет» (ФГБОУ ВПО РГАЗУ).

Защита состоится «__» _____ 2013г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 006.020.01 при ГНУ ВИМ Россельхозакадемии по адресу: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВИМ Россельхозакадемии.

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г. и размещён на официальном сайте ВАК РФ в электронной базе диссертаций и авторефератов «__» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук

И.А. Пехальский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Наибольшие объёмы перевозок в сельском хозяйстве выполняются в период уборочных работ, в частности, при уборке зерновых культур. При организации уборочно-транспортного процесса требуется жесткая согласованность транспортных средств с комбайнами, иначе в результате случайного варьирования рабочих циклов комбайнов и транспортных средств производительность уборочно-транспортного комплекса снижается.

Внедрение рациональных форм и приемов организации транспортного процесса позволяет значительно снизить простои комбайнов и автомобилей, резко увеличить производительность транспортных средств и, тем самым, снизить потери зерна за счет сокращения сроков уборки.

Одним из направлений решения данной проблемы является использование перевалочных технологий на основе мобильных средств со сменными кузовами. Транспортно-технологические процессы с использованием сменных кузовов позволяют значительно повысить эффективность сельскохозяйственных комплексов машин. Однако, данный технологический процесс является не достаточно изученным. Таким образом, исследование технологий с использованием сменных кузовов является актуальным в научном и практическом плане.

Работа выполнена в соответствии с Планом фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению развития АПК РФ на 2011-15 г.г. (проблема 09.01; задание 09.01.05 «Разработать конкурентоспособную технику нового поколения для энергетического и транспортного обеспечения производственных процессов в растениеводстве и животноводстве»)

Цель работы. Совершенствование уборочно-транспортного комплекса для уборки зерновых культур в условиях Центрального округа Нечернозёмной зоны России на базе мобильных средств со сменными кузовами, обеспечивающего снижения прямых эксплуатационных затрат.

Задачи исследований:

- изучить технологические процессы уборки зерновых культур в хозяйствах Центрального округа Нечернозёмной зоны России и обосновать направления их совершенствования;
- разработать экономико-математическую модель работы уборочно-транспортного комплекса на уборке зерновых культур для различных вариантов технологических схем;
- обосновать рациональные параметры сменного кузова для транспортного обеспечения перевозки зерновых культур с использованием системы ВИМЛИФТ;
- провести экспериментальные исследования функционирования уборочных, транспортных и перегрузочных средств, для получения основных технико-экономических показателей в реальных условиях эксплуатации;
- обосновать с использованием экономико-математической модели рациональные параметры технических средств уборочно-транспортных техноло-

гических комплексов применительно к условиям Центрального округа Нечернозёмной зоны России;

- определить эффективность транспортно-технологических процессов уборки зерновых культур с использованием мобильных средств со сменными кузовами.

Объекты исследований. Технологические процессы и средства механизации для выполнения транспортных работ при уборке зерновых культур.

Предмет исследований. Закономерности взаимодействия уборочных и транспортных агрегатов в технологическом процессе.

Методика исследования. Теоретические исследования выполнялись с использованием основных законов и методов классической механики и математики. Экспериментальные исследования проводились по стандартным методикам в производственных условиях.

Научную новизну составляют:

- детерминированная экономико-математическая модель, алгоритм и программа «Расчёт эффективности сменных кузовов в уборочно-транспортном комплексе на перевозке зерна от комбайнов» (Зарегистрировано ФГУП ВНИИЦ № 0103431560320 от 13.04.2009г.);

- методика обоснования рациональных параметров уборочно-транспортных комплексов машин применительно к условиям Центрального округа Нечерноземной зоны России;

- патент на полезную модель «Сменный кузов» (№116419 зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РФ 27.05.2012г.).

Практическую ценность составляют:

- методика выбора рационального варианта выполнения транспортного процесса при уборке зерновых культур;

- рекомендации по рациональному использованию транспортных средств и сменных кузовов в хозяйствах Центрального округа Нечерноземной зоны России;

- конструктивно-технологические параметры разработанного сменного кузова.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития АПК в Верхневолжье», г. Суздаль, 2011 г. и на Международной научно-технической конференции по теме «Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства», ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, Москва, 2011 г.

Реализация результатов исследований:

- результаты исследований внедрены в транспортных процессах уборки зерновых культур по системе ВИМЛИФТ в хозяйствах Владимирской области.

Основные положения, выносимые на защиту:

- детерминированная экономико-математическая модель уборочно-транспортного комплекса по расчету технологических схем перевозок зерна;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию эффективных технологий уборочно-транспортных работ на уборке зерновых культур.

Публикации. Основное содержание исследований опубликовано в семи печатных работах, из них пять работ в изданиях рекомендованных ВАК РФ, получено одно свидетельство о государственной регистрации и один патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка используемой литературы, который включает 108 наименований, из них 7 на иностранных языках, 5 приложений. Работа изложена на 118 страницах основного текста, содержит 35 рисунков, 32 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности темы исследований и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса исследования, цель и задачи исследования» на основе анализа литературных источников и научно-производственного опыта рассмотрено состояние и перспективы развития транспортно-технологических процессов перевозки зерна и дано обоснование выбранного направления исследований.

Общие принципы и методы рационального проектирования уборочно-транспортных процессов отражены в работах Блынского Ю. Н., Бурьянова А. И., Гобермана В. А., Игнатова В. Д. и др. В указанных работах в качестве основного принципа построения производственных процессов принята поточная работа агрегатов, предусматривающая непрерывность работы агрегата, согласованность и ритмичность операций, полную загрузку всех звеньев технологической линии.

Последующее развитие научных исследований в рассматриваемой области характеризуется переходом к методам оптимального проектирования соответствующих производственных процессов на базе математических моделей, что отразилось в работах Багир-Заде Е. М., Бурьянова А. И., Головашкина А. И., Игнатова В. Д., Измайлова А. Ю., Артюшина А. А., Рычкова В. А., Евтюшенкова Н. Е. и других ученых.

В большинстве указанных работ, авторы отмечают, что наиболее высокие показатели производительности комбайнов и транспортных средств достигаются при наличии в этой системе компенсаторов.

В качестве компенсаторов предложены сменные кузова. Транспортно-технологические процессы с использованием сменных кузовов позволяют значительно повысить эффективность сельскохозяйственных комплексов машин. Однако, рассматриваемый технологический процесс является не достаточно изученным. Таким образом, данное направление исследований следует считать актуальным в научном и практическом отношении.

Во второй главе «Теоретические исследования процессов уборки и транспортировки зерна» рассматривается экономико-математическая модель выбора рациональных технологических схем перевозок зерна.

Структурная схема исследования применения сменных кузовов в уборочно-транспортном комплексе представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Общая функциональная структура исследования

Для опытной проверки адекватности разработанной математической модели и реализующего ее алгоритма, исследованием предусмотрены следующие варианты технологических схем:

Вариант 1. Перевалочная технология: в уборочно-транспортном комплексе участвуют 2 комбайна Дон-1500Б, перегрузчик на базе трактора Т-150К

с прицепом ТПМ-16 и 3 сменных кузова КСУ-8,5. Отвоз зерна в сменных кузовах на ток осуществляется автомобилем КамАЗ-53228, оборудованного системой ВИМЛИФТ.

Вариант 2. Перевалочная технология: в уборочно-транспортном комплексе используются перегрузчик на базе автомобиля ГАЗ-САЗ-2504 и автомобиля КамАЗ, оборудованного системой ВИМЛИФТ. По расчетам для уборки зерновых площадью в 700 га требуется, как и в первом варианте – 2 комбайна Дон-1500Б, 2 перегрузчика ГАЗ-САЗ-2504 и один автомобиль КамАЗ-53228 с тремя сменными кузовами.

Вариант 3. Перевалочная технология: отвоз и выгрузка зерна комбайнами в расставленные по полю сменные кузова в количестве 4 шт. Отвоз сменных кузовов на ток производится автомобилем КамАЗ, оборудованного системой ВИМЛИФТ. Уборка зерновых площадью 700 га выполняется двумя комбайнами Дон-1500Б.

Вариант 4. Прямоточная технология: отвоз зерна от комбайнов базируется на большегрузных самосвальных автомобилях типа КамАЗ-45143. Для выполнения, запланированного в исследовании объема работ, требуется 2 комбайна Дон-1500Б и 3 автомобиля КамАЗ-45143.

Данные схемы требуют оценки их эффективности с использованием методов компьютерного моделирования, различных хозяйственных условиях.

Моделирование процесса начинается от момента начала работы комбайна до полного заполнения бункера комбайна зерном, с определением пройденного при этом пути, количества поворотов и разворотов. На основе этих данных производится расчет цикла работы комбайна с последующим расчетом его производительности и эксплуатационных затрат. В последствии они используются для определения эксплуатационно-технических показателей применяемого транспорта на отвозке зерна, суммарных эксплуатационных затрат уборочно-транспортного комплекса в целом и эффективности использования новой техники, в нашем исследовании - сменных кузовов.

Расчет аналитических выражений технико-экономических показателей транспортных средств в зависимости от выбранной схемы перевозки урожая от комбайна представлен в виде блок-схемы (рисунок 2). Обозначения в формулах, представленных в блок-схеме:

n_{σ} - количество бункеров вмещающихся в кузове транспортного средства, шт.;

V_{mc} - емкость кузова транспортного средства, м³;

V_{κ} - емкость бункера комбайна, м³;

$Q_{\text{мин}}$ - объем зернового вороха, который будет намолочен комбайнами, работающими одновременно на одном поле за 1 час сменного времени, т/ч;

$Q_{\text{тк}}$ – количество намолоченного зерна за смену, т;

$W_{\text{экс}}^{\text{ч}}$ - часовая производительность комбайна, м³/ч;

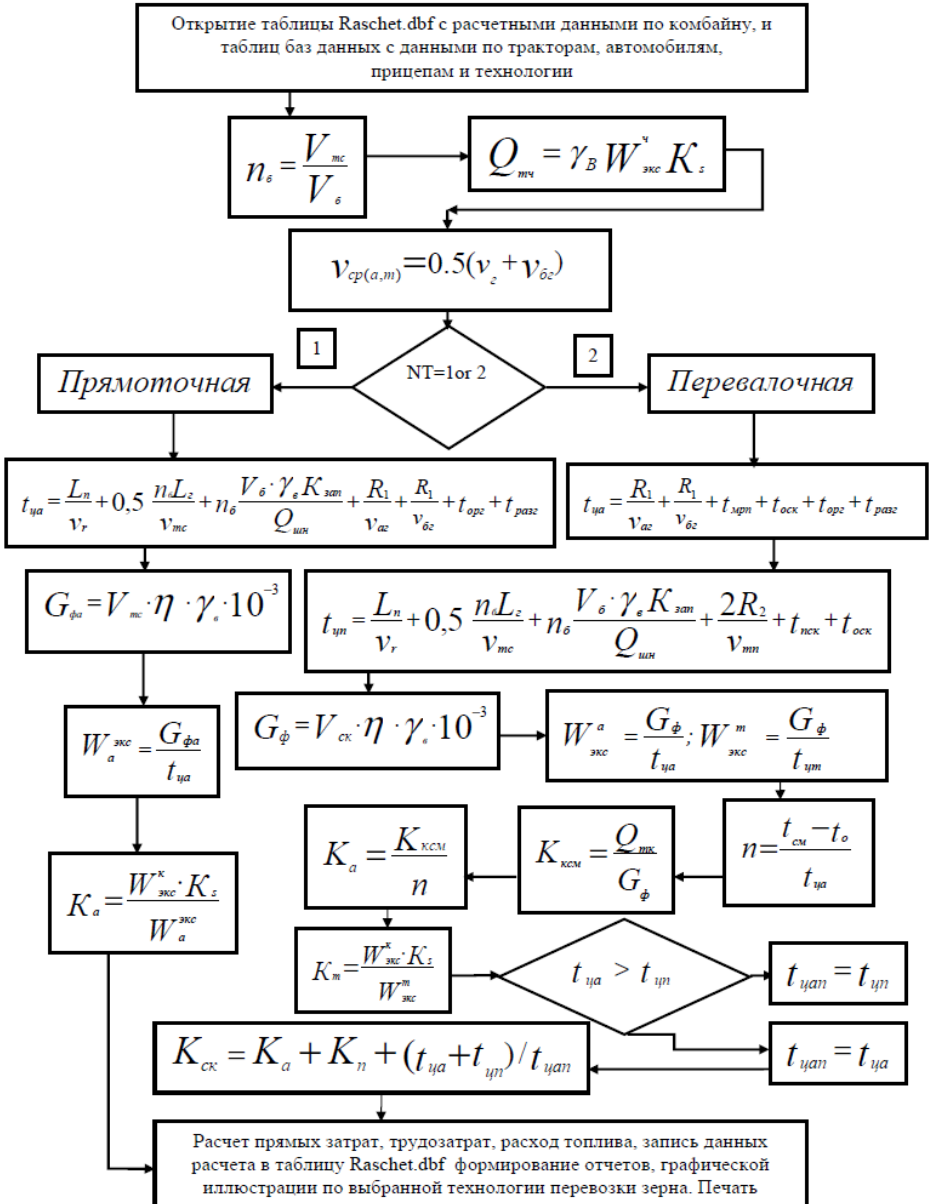


Рисунок 2 - Блок - схема расчета технико-экономических показателей транспортных средств на перевозке зерна от комбайнов

$W_{\text{экс}}^k, W_{\text{экс}}^m, W_{\text{экс}}^a$ - эксплуатационная производительность, соответственно, комбайна, транспортного перегрузчика и автомобиля, т/ч;

K_s, K_m, K_a - количество комбайнов, транспортных перегрузчиков, автомобилей, шт;

$K_{\text{КСМ}}$ - количество сменных кузовов которое комбайны наполняют за смену, шт.;

$K_{\text{СК}}$ - количественная потребность в сменных кузовах на уборочно-транспортный процесс, шт.;

$\gamma_{\text{в}}$ - плотность зернового вороха, т/м³;

η - коэффициент использования вместимости кузова;

$K_{\text{зан}}$ - коэффициент заполнения бункера зерном;

v_r - рабочая скорость комбайна, км/ч;

$v_{\text{cp}(a,m)}$ - средняя скорость мобильного средства с грузом и без груза, км/ч;

$v_{2(\text{бэ})}$ - транспортная скорость мобильного средства с грузом и без груза, км/ч;

$t_{\text{ца}}$ - время цикла автомобиля, ч;

$t_{\text{цт}}$ - время цикла перегрузчика в перевалочной технологии, ч;

$t_{\text{опз}}$ - время, затрачиваемое транспортным средством на взвешивание, оформление документов, ч;

$t_{\text{разз}}$ - время, затрачиваемое транспортным средством на разгрузку, ч.

$t_{\text{оск}}$ - время, затрачиваемое транспортным средством на опускание сменного кузова на землю, ч;

$t_{\text{пск}}$ - время, затрачиваемое транспортным средством на подъем сменного кузова на прицеп, ч;

$t_{\text{см}}$ - продолжительность смены, ч;

$t_{\text{о}}$ - время на обед и отдых, ч;

L_2 - длина гона, км;

L_n - путь, пройденный комбайном, км;

R_1 - расстояние перевозки от комбайна на ток, км;

R_2 - расстояние перевозки от разгрузочной площадки до тока, км;

$G_{\text{ф}}$ - фактическая грузоподъемность кузова, т;

n - количество рейсов автомобиля за цикл.

Моделирование функционирования транспортных средств во взаимодействии с уборочной техникой начинается с определения объема зернового вороха, который будет намолочен комбайнами, работающими одновременно на одном поле.

Продолжительность нахождения транспортного средства в поле в процессе взаимного функционирования с уборочной техникой (ожидание комбайна под разгрузку, подъезд к ним, маневрирование и отвоз продукции) носит вероятностный характер и может развиваться, в зависимости от рассматриваемой технологии, по сценариям, описанным логическими алгоритмами возможных состояний транспортного средства.

Для перевалочной технологии необходимо сформулировать синхронизацию взаимодействий уборочной техники с тракторным перегрузчиком, осуществляющим сбор зерна от комбайнов в сменные кузова и

тракторного перегружчика с автомобильным транспортом, осуществляющим отвоз зерна с разгрузочной площадки, где оставляются сменные кузова, на ток хозяйства.

Синхронизацию связанных между собой работ можно записать в следующем виде:

$$W_{\text{экс}}^s \cdot K_s \leq W_{\text{экс}}^m \cdot K_m \leq W_{\text{экс}}^a \cdot K_a \quad (1)$$

Количество автомобилей для прямоточной технологии – K_a или тракторных перегружчиков при перевалочной технологии – K_m , необходимых для синхронной работы по отвозке зерна от комбайнов K_s , в общем виде находится из выражения:

$$K_{a,m} = \frac{W_{\text{экс}}^s \cdot K_s}{W_{\text{экс}}^{a,m}} \quad (2)$$

Потребность в автомобилях и сменных кузовах для перевалочной технологии определяется следующим образом.

Количественная потребность в автомобилях – K_a определяется по формуле:

$$K_a = \frac{K_{\text{к.с.м}}}{n} \quad (3)$$

Количественная потребность в сменных кузовах – $K_{\text{ск}}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ск}} = K_m + K_a + \frac{(t_{\text{цн}} + t_{\text{ца}})}{t_{\text{цпа}}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{цпа}}$ – принимается равным $t_{\text{цн}}$, если значение цикла перегружчика меньше цикла автомобиля и наоборот равным $t_{\text{ца}}$, если цикл автомобиля меньше цикла перегружчика.

Разработанная детерминированная экономико-математическая модель функционирования уборочно-транспортного комплекса и различных схем перевозок, позволяет путем проведения машинного эксперимента, оценить влияние всех включающих в модель факторов на численные значения производительности линии и отдельных машин, а также отдельных составляющих времени цикла уборочно-транспортного комплекса.

В третьей главе «Экспериментальные исследования уборочно-транспортных процессов» изложена программа и методика исследований. Экспериментальные исследования позволяли получить исходную информацию, характеризующую работу уборочных агрегатов и транспортных средств.

Основная задача экспериментальных исследований заключается в подтверждении выявленных закономерностей взаимосвязи изучаемых явлений, гипотез и теоретических предпосылок.

Программой экспериментальных исследований определялась необходимость получения исходных данных, как для расчетов, так и для сравнительно-

го анализа компьютерного моделирования по прикладным программам реализующих математическую модель.

Проверка соответствия детерминированной экономико-математической модели реальному уборочно-транспортному процессу осуществлялась путем сравнения моделируемых показателей с фактическими. Условия, зафиксированные при экспериментальной проверке, вводились в качестве исходных в разработанную экономико-математическую модель и полученные теоретические результаты сравнивались с экспериментальными.

Экспериментальные исследования проводились с участием автора на ФГУ «Владимирская МИС» и в хозяйстве ООО «им. Лакина» в период с 2007-2009 гг.

Технологии транспортного обеспечения перевозок сельскохозяйственных грузов с использованием системы ВИМЛИФТ выполнялась комплексом, в состав которого входили следующие машины и оборудование:

1. Самоходные зерноуборочные комбайны: Дон 1500Б и Енисей-1200 НМ (рисунок 3а и 3б);
2. Трактор Т-150К в агрегате с полуприцепом ТПМ-16 (рисунок 3в);
3. Автомобиль КамАЗ, оборудованный погрузочно-разгрузочным устройством МПР-1 (рисунок 3г);
4. Кузов сменный универсальный КСУ-8,5 (рисунок 3д) в количестве 3-х штук.



Рисунок 3 - Комплекс машин и оборудования, использованного в экспериментальных исследованиях

По проведенным исследованиям конструкторским отделом ГНУ ВИМ Россельхозакадемии с участием автора была разработана конструкторская документация на сменный кузов для зерновых культур КСУ-8,5 (рисунок 4), по которой были изготовлены сменные кузова в количестве 3 шт.

На данное техническое решение получен патент на полезную модель №116419 «Сменный кузов» (зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РФ от 27.05.2012г.).

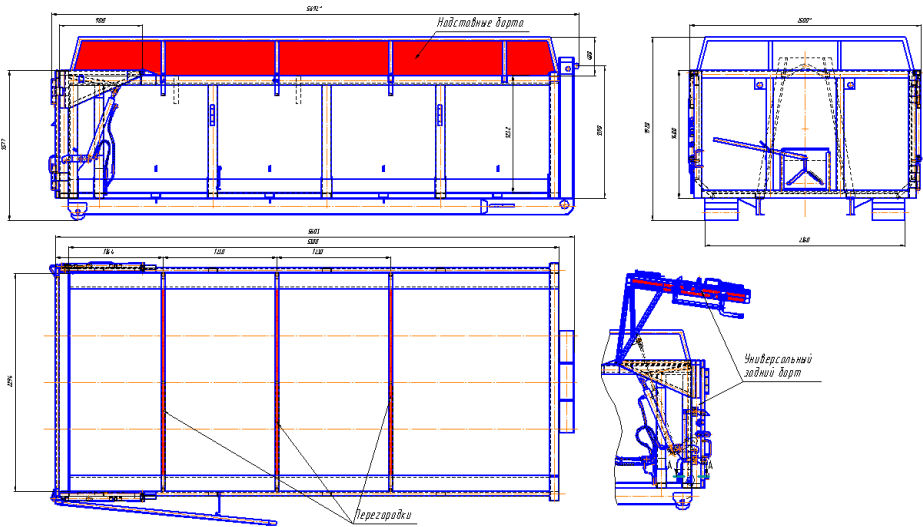


Рисунок 4 - Сменный кузов КСУ-8,5

Новизна разработанного сменного кузова заключается в том, что:

- сменный кузов оборудован надставными бортами высотой 400 мм, которые позволяют увеличить объем кузова с 15 м^3 до 18 м^3 . Таким образом, кузов объемом 18 м^3 будет кратен объемам бункеров практически всех комбайнов российского производства, что значительно повышает производительность транспортного звена;

- в сменном кузове установлены три перегородки, способствующие равномерному распределению зерна по кузову и предотвращающие пересыпание зерна через края кузова при снятии и погрузке сменного кузова «мультилифтом» на транспортное средство;

- сменный кузов оборудован универсальным задним бортом, работающим в самосвальном и распашном режимах. Совмещенный тип открытия заднего борта позволяет объединить транспортно-технологические функции по перевозке сыпучих и штучных грузов.

Исследование потерь зерновых культур при подъёме и опускании загруженного сменного кузова на прицеп или автомобиль.

Потери зерна из загруженного кузова при его подъёме или опускании зависит от угла наклона кузова и массы зерна кузове $Q_{л}$, кг. Потери зерна при погрузке сменного кузова Y определяются отношением:

$$Y = \frac{\Pi}{Q_{\Pi}}, \quad (5)$$

где Π – масса потерь зерна, кг.

Факторами, влияющими на потери зерна, приняты:

X_1 - угол наклона кузова, град.;

X_2 - полнота наполнения кузова.

$$X_2 = \frac{h}{H}, \quad (6)$$

где h – высота наполнения кузова зерном, м

H – высота кузова, м.

Уровни факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Уровни факторов

Факторы	Обозначение	Уровни факторов	
		-1	+1
Угол наклона кузова, градусы	X_1	26	27
Полнота наполнения кузова, %	X_2	80	100

По полученным экспериментальным данным величина потерь зерна будет определяться по функции отклика y по уравнению регрессии:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (7)$$

Таблица 2. Потери зерна при погрузке загруженного сменного кузова на прицеп ТМП-16 и автомобиль КАМАЗ

Факторы потерь	Показатели потерь					
	26		26,5		27	
Угол наклона сменного кузова при погрузке и снятия кузова с прицепа или автомобиля, град.						
Высота наполнения сменного кузова зерном, м	1,4	1,12	1,4	1,12	1,4	1,12
Масса потерь зерна при погрузке кузова на прицеп или автомобиль, кг	2,5	9,1	4,5	10,3	6,3	11,5

Экспериментальные исследования проводили по базовой (прямоточной) и новой (перевалочной) технологии.

Прямоточная технология (рисунок 5) - Уборка зерновых площадью 700 га выполняется комбайнами Дон-1500Б и Енисей-1200НМ. Отвоз зерна от комбайнов осуществлялся большими грузными самосвальными автомобилями типа КамАЗ-45143 и КамАЗ-53215.



Рисунок 5 - Прямоточная технология

Перевалочная технология (Рисунок 6) – Уборка зерновых выполняется комбайнами Дон-1500Б и Енисей-1200НМ. В уборочно-транспортном комплексе участвует перегрузчик на базе трактора Т-150К с прицепом ТПМ-16 и три сменных кузова КСУ-8,5. Отвоз сменных кузовов на ток производится автомобилем КамАЗ-53205 оборудованным «мультилифтом» МПР-1.



Рисунок 6 - Перевалочная технология

Полученные результаты экспериментальных исследований, подтвержденные протоколом испытаний ФГУ «Владимирская МИС» № 03-125-09 (4210132) от 25.12.2009 г., представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты экспериментальных исследований технологий уборочно-транспортных работ зерновых культур

Наименование показателя	Значение показателя	
	Новая (перевалочная) технология	Базовая (прямоточная) технология
1	2	3
Наименование выполняемой работы	транспортное обеспечение уборки зерновых с применением системы	
	системы ВИМЛИФТ	серийные автомобили КамАЗ
Себестоимость уборки сельскохозяйственной продукции, руб./т, всего, в том числе транспортного обеспечения	1376,77 129,66	1384,79 137,68
Трудоемкость уборки сельскохозяйственной продукции, чел.-ч/т, всего, в том числе транспортного обеспечения	0,53 0,17	0,72 0,36
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники, руб.	15270,08	-
Годовая экономия затрат труда, чел.ч.	361,76	-
Состав машинного комплекса, шт.: всего, в том числе:	7	4
- трактор Т-150К	1	-
- самоходный комбайн	2	2
- кузов КСУ-8,5	3	-
- транспорт (автомобиль КамАЗ)	1	2
Стоимость машинного комплекса, тыс. руб.: всего в том числе:	10632,566	8733,301
- транспортное обеспечение, в том числе:	4699,265	2800,0
- новых машин	3083,105	-
Потребное число обслуживающего персонала, чел.: всего, в том числе:	4	4
- механизаторов (обслуживающего персонала)	3	2
- водителей	3	3
- водителей	1	2
- прочих работников	-	-
Потребное количество дизельного топлива по всему объему выполнения технологических операций, т	14,2	13,9
Загрязнение окружающей среды выбросами вредных веществ двигателями тракторов и сельскохозяйственных машин: - величина экологического ущерба, руб.	2132,48	2075,36

Показатели определены по ГОСТ Р 53056-2008

Расчет эксплуатационно-технологических и экономических показателей новой технологии транспортного обеспечения уборки зерновых культур выполнен в сравнении с базовой (существующей в хозяйстве) технологией на уборке зерновых в объеме работ 700га в ООО «им. Лакина», Собинского района, Владимирской области.

В обоих случаях транспортные комплексы обслуживали два зерноуборочных комбайна Дон-1500Б и Енисей-1200НМ. Расчет выполнен на расстояние транспортировки зерна с поля на ток 8,8 км, при котором один КАМАЗ с МПР-1 и тремя сменными кузовами КСУ-8,5 обеспечивал бесперебойную работу двух зерноуборочных комбайнов.

Анализируя полученные экономические показатели, следует отметить, что новый технологический комплекс по отношению к базовому обеспечил:

- снижение простоев автотранспорта на 10...15%;
- снижение себестоимости перевозки на 6...10 %;
- снижение трудоемкости уборки с применением новых машин в 1,7 раза;
- экономия совокупных денежных затрат в размере 15270,08 руб.

Загрязнение окружающей среды выбросами вредных веществ двигателями тракторов и сельскохозяйственных машин согласно протоколу ФГУ «Владимирская МИС» по перевалочной 2132,48 руб. по прямоточной 2075,36 руб.

По экологической обстановке следует также отметить, что разработанная перевалочная технология на основе мобильных средств со сменными кузовами позволит: уменьшить чрезмерное уплотнение почвы за счет уменьшения давления движителей на опорную поверхность почвы; снизить количество проездов транспортных средств по плодородному слою почвы; убрать и транспортировать с поля урожай зерновых в установленные агротехнические сроки.

Рекомендации ФГУ «Владимирская МИС». Приемочными испытаниями машинной технологии транспортного обеспечения уборки зерновых культур с использованием системы ВИМЛИФТ установлено, что новая (перевалочная) в сравнении с базовой (прямоточной) технологией позволяет: снизить трудозатраты на 26,4% за счет увеличения интенсивности использования автотранспорта; получить годовую экономию совокупных денежных затрат в размере 15270 рублей. ФГУ «Владимирская МИС» рекомендует транспортное обеспечение с использованием системы ВИМЛИФТ применять в технологиях уборки зерновых культур.

Хронометражные данные, характеризующие работу перевалочного технологического процесса, являлись исходными данными для сравнительного анализа адекватности результатов моделирования уборочно-транспортного процесса с данными полученными при эксперименте.

Для обработки хронометражных, экспериментальных данных использовался программный комплекс STATISTICA, имеющий в своем арсенале широкий набор процедур. Обработанные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Временные параметры рабочих циклов технологического процесса уборки зерна с применением сменных кузовов по системе ВИМЛИФТ

Параметр	Наименование временного параметра	Значение параметра и отклонение				
		min	max	Сред.	δ	δ^2
1	2	3	4	5	6	7
T_0	Продолжительность между двумя разгрузками комбайна, мин	25,2	27,4	26,31	0,61	0,38

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7
T ₁	Выгрузка зерна из бункера комбайна, мин	2,1	3,3	2,95	0,47	0,22
T ₂	Переезд перегружчика с груженым кузовом до площадки сменных кузовов, мин.	5,5	7,4	6,51	0,57	0,32
T ₃	Замена перегружчиком груженого кузова на порожний, мин.	4,5	5,8	5,32	0,46	0,21
T ₄	Переезд перегружчика с порожним кузовом в поле и маневрирование у комбайна, мин	5,4	7,0	6,44	0,6	0,36
T ₅	Продолжительность маневрирования при подъездах к кузовам перегружчика, мин	1,2	1,5	1,73	0,3	0,09
T ₆	Продолжительность ожидания выгрузки следующего комбайна, мин	2,6	3,8	3,39	0,43	0,19
T ₇	Время замены автомобилем груженого кузова на порожний (и наоборот), мин.	7,1	9,3	8,07	0,63	0,39
T ₈	Время перемещения автомобилем порожнего сменного кузова, мин	10,4	12,2	11,37	0,55	0,30
T ₉	Время перемещения автомобилем груженого сменного кузова, мин	13,7	15,2	14,52	0,49	0,24
T ₁₀	Простой автомобиля при оформлении приходно-расходной документации, мин.	5,2	7,3	6,24	0,61	0,37
T ₁₁	Продолжительность выгрузки зерна автомобилем на току, мин.	3,4	4,1	4,13	0,32	0,10
T ₁₂	Продолжительность маневрирования при подъездах к кузовам автомобиля, мин	1,7	1,9	2,22	0,3	0,09
T _к	Время цикла комбайна T ₀ + T ₁ , мин	27,3	30,7	29,26	1,0	1,01
T _п	Время цикла перегружчика 2*T ₁ + T ₂ + T ₃ + 2*T ₄ + T ₅ + T ₆ , мин	28,8	40,2	35,72	3,21	10,3
T _а	Время цикла автомобиля T ₇ + T ₈ + T ₉ + T ₁₀ + T ₁₁ + T ₁₂ , мин	43,1	51,8	48,76	2,34	5,46
T _{ск}	Время цикла сменного кузова T _п + T _а , мин	71,9	92,0	81,95	5,37	28,8

Проверка экономико-математической модели на адекватность осуществлялась путем сравнения моделируемых показателей и фактических, полученных в ходе экспериментальных исследований. В таблице 5 приведены данные по производительности и эксплуатационным затратам при транспортировании зерна от комбайна на расстояние 9 км при скорости автомобилей КамАЗ 45 км/ч.

Таблица 5 – Сравнительные показатели компьютерного моделирования и экспериментального исследования перевалочной технологии

Показатель	Моделируемые		Экспериментальные	
	Перевалочная	Прямоточная	Перевалочная	Прямоточная
Производительность, т/ч:				
- комбайна	6.60	6.60	6.99	6.99
- перегружчика	11.041	-	11.64	-
- автомобиля	11.38	4.192	11.70	4.81
Эксплуатационные затраты, руб/т	128.61	142.63	129.66	137.68

Сравнение показателей моделируемых и экспериментальных подтверждает их адекватность, ошибка не превышает 3...4 %.

Таким образом, сравнительный анализ экспериментальных данных и результатов полученных с помощью компьютерного моделирования, подтверждают их адекватность и возможность применения разработанного программного обеспечения для исследований транспортно-технологических процессов, выбора и обоснования параметров машин в состав технологических комплексов.

В четвертой главе «Оптимизация технико-экономических показателей работы уборочно-транспортного комплекса» приведены результаты вычислительного эксперимента с использованием экспериментальных данных.

Основными факторами, определяющими эффективность работы уборочно-транспортных комплексов, являются: номенклатура и количество технических средств, их производительность, объемы работ (площадь загонки, длина гона, урожайность, расстояния и скорости перевозки) и интенсивность их выполнения, а также природно-климатические и другие условия.

Оптимальные соотношения между этими параметрами можно установить только при исследовании работы комплекса методами математического моделирования, так как проведение натуральных экспериментов требует больших затрат времени и средств и не обеспечивает полной идентичности условий работы сравниваемых комплексов машин.

За критерий оптимальности для оценки сравниваемых вариантов уборочно-транспортных комплексов приняты эксплуатационные издержки.

В качестве модельного хозяйства было принято ООО «им. Лакина», Собинского района, Владимирской области с площадью зерновых культур – 700 га. Средняя площадь участков составляла 60 га, при длине гона – 800 м и расстоянии до тока – 8,8 км. Урожайность в процессе опытных испытаний составила – 2,72 т/га

При определении оптимальной вместимости сменного кузова 18 м³ в расчеты включались параметры кузова обеспечивающие, кратность объемам бункеров комбайнов Дон-1500Б – 6 м³. Моделирование проводилось на расширенных диапазонах варьирования урожайности зерна 20-40 ц/га; а расстояние перевозки зерна менялось от 7 до 10 км с шагом квантования 1 км; плотность зерна – 0,8 т/м³; скорость движения автомобилей и перегрузчика по полю - 15-20 км/ч, по дороге - 40-60 км/ч.

Моделирование осуществлялось с применением прикладных программ реализующих математическую модель с использованием системы управления базами данных Microsoft Visual FoxPro 9. На рисунке 7 приведены фрагменты интерактивного взаимодействия исследователя и прикладных программ.

В меню прикладных программ заложены процедуры формирования базы данных, посредством экранных форм и реализующие изложенные выше технологические схемы. Выбирая последовательно, нужную схему исследователь активизирует соответствующие процедуры моделирования. После формирования базы данных были проведены последующие расчеты для каждого из выше перечисленных уборочно-транспортных комплексов с целью определения

показателей их сравнительной эффективности по производительности, стоимости, расходу топлива и трудозатратам.

В качестве основных объектов исследования были выбраны четыре технологии уборочно-транспортного процесса, представленных выше. По каждой из них была разработана экономико-математическая модель и алгоритм расчета эффективности их работы.

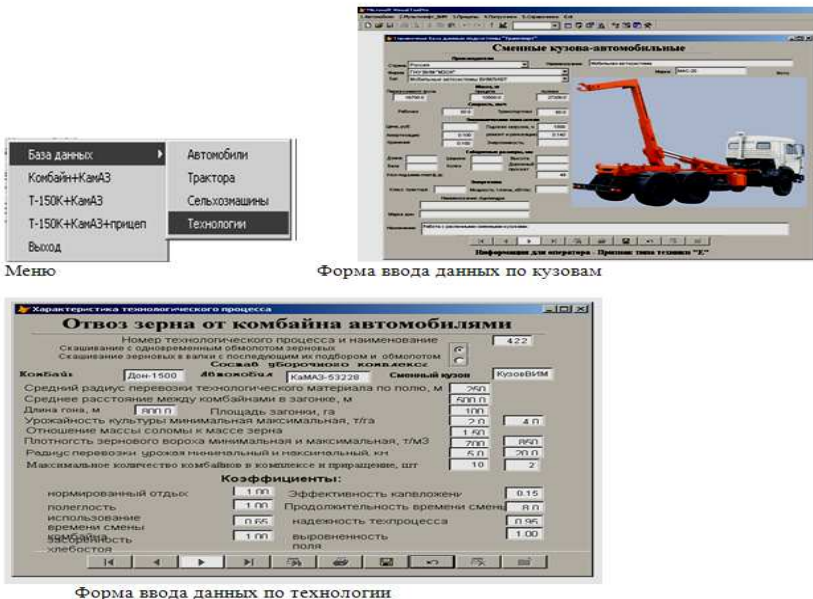


Рисунок 7 - Фрагменты экранных форм интерактивного процесса

Анализ результатов моделирования. В процессе моделирования вариантов исследуемых уборочно-транспортных комплексов результирующая информация выдавалась на экран монитора и печать в виде таблиц с текстовой информацией и графической их иллюстрацией.

На рисунках 8-11 представлена графическая интерпретация расчетов сравниваемых вариантов уборочно-транспортных комплексов.

Из полученных данных по эффективности уборочно-транспортных комплексов следует, что перевалочная технология, базирующаяся на тракторном перегрузчике и автомобилях КамАЗ со сменными кузовами эффективнее прямоочной по производительность в 2,8-2,9 раза, суммарные затраты на уборочно-транспортный процесс ниже, на 10,9 -17,1 тыс. рублей, прямые эксплуатационные затраты меньше на 6-10%, расход топлива ниже на 1,6 - 2,6 тонны.

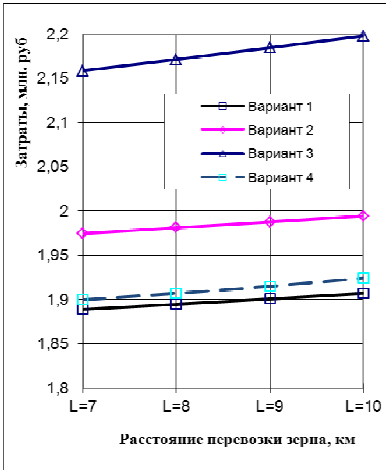


Рисунок 8 - Суммарные издержки по вариантам

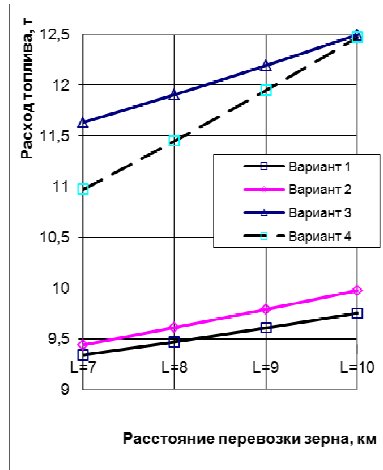


Рисунок 9 - Суммарный расход топлива по вариантам

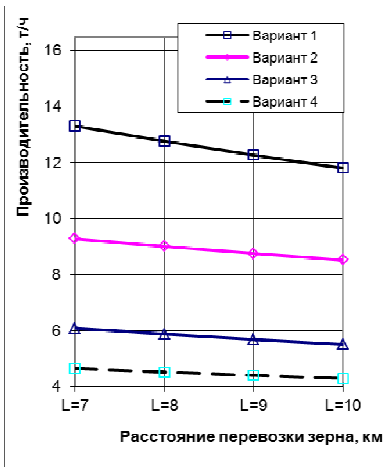


Рисунок 10 – Производительность транспортных средств по вариантам

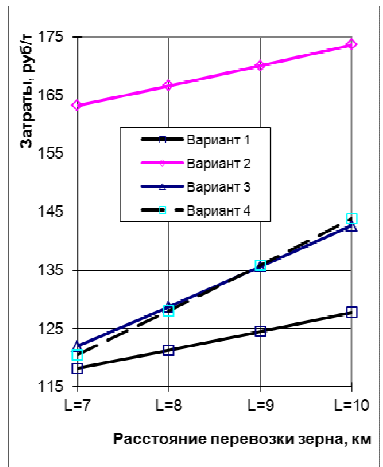


Рисунок 11 – Эксплуатационные затраты на транспортные работы по вариантам

В пятой главе «Экономическая эффективность перевозки зерна мобильными средствами со сменными кузовами» проведен расчет эффективности применения технологий исследуемого уборочно-транспортного комплекса при уборке зерновых культур.

В соответствии с ГОСТ 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» Расчеты экономических показателей уборочно-транспортных комплексов прямооточной и перевалочных технологий приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчетные данные экономической эффективности применения сменных кузовов на уборке и транспортировке зерновых культур

	Эксплуатационные затраты на транспортные работы, руб./т				Эксплуатационные затраты на уборочно-транспортный комплекс, руб./т			
	L=7	L=8	L=9	L=10	L=7	L=8	L=9	L=10
Вариант 1	118,17	121,27	124,45	127,73	992,09	995,19	998,38	1001,65
Вариант 2	163,2	166,58	170,05	173,61	1037,12	1040,50	1043,97	1047,53
Вариант 3	121,97	128,70	135,61	142,67	1133,73	1140,47	1147,37	1154,45
Вариант 4	120,50	128,04	135,82	143,83	997,83	1001,70	1005,79	1010,65

По данным таблицы 6 из исследованных четырех вариантов перевозки зерна наиболее эффективным является первый, при котором общие затраты на уборку и отвоз зерна составили 1,889...1,907 млн. руб.; прямые эксплуатационные затраты на транспортные работы - 118,17...127,73 руб/т и эксплуатационные затратах на уборочно-транспортный комплекс - 992,09...1001,65 руб/т, экономия совокупных затрат составила от 10923 до 17124 руб.

Экономия прямых эксплуатационных затрат в перевалочной технологии с применением сменных кузовов (вариант 1) относительно прямооточной (вариант 4), в зависимости от расстояния перевозки урожая зерна, составляет 6,25-19,22 руб./т, при увеличении производительности в 2,7-2,8 раза и снижении расхода топлива на 1,6-2,6 т на уборку и перевозку 1900 т урожая.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ условий для производства зерна в Центральном округе Нечерноземной зоны России показывает, что регион является сложным по погодным условиям и рельефу местности. В результате не согласованности работы уборочных и транспортных средств не выполняются агротехнические сроки уборки зерновых культур. Потери зерна в процессе уборки достигают 15...20%. Для решения проблемы необходима разработка усовершенствованных технологии и технических средств для уборочно-транспортного процесса зерновых культур. Одним из направлений решения данной проблемы является использование перевалочных технологий на основе мобильных средств со сменными кузовами.

2. Для реализации указанного направления исследований разработаны три варианта перевалочных технологических схем взаимодействия уборочных агрегатов и транспортных средств, для сравнительной оценки их с прямоточной схемой. Разработана детерминированная экономико-математическая модель и программное обеспечение, которые позволяют на основе компьютерного эксперимента смоделировать функционирование технологических схем в зависимости от площади, скорости и расстояний транспортирования зерновых культур и оценить их эффективность по критерию прямых эксплуатационных затрат.

3. Для перевалочных технологических схем обоснованы параметры и разработан сменный кузов КСУ-8,5 вместимостью 18 м^3 , кратной объемам бункеров комбайнов российского производства, использование которого позволяет повысить производительность транспортного звена. Сменный кузов снабжен тремя перегородками, которые способствуют равномерному распределению зерна по кузову и предотвращают пересыпание зерна через борта кузова при снятии и погрузке сменного кузова «мультилифтом» на транспортное средство, что обеспечивает снижение потерь урожая зерновых культур.

4. В результате полевых исследований и испытаний машинной технологии транспортного обеспечения уборки зерновых культур с использованием системы ВИМЛИФТ установлено, что зональным требованиям наибольшей мере соответствует перевалочная схема перевозок зерна от комбайнов с применением перегрузчика на базе трактора Т-150К с прицепом ТПМ-16 и сменным кузовом КСУ-8,5.

5. Анализ показателей моделируемых и экспериментальных данных подтверждает их адекватность, ошибка не превышает 3...4 %. Результаты экспериментальной проверки данных, полученных с помощью детерминированной экономико-математической модели, реализованной на ЭВМ, подтверждают высокую эффективность их применения для исследований транспортно-технологических процессов, выбора состава комплекса и обоснования технологических параметров.

6. Разработанная перевалочная технологическая схема на основе мобильных средств со сменными кузовами позволила сократить простои уборочных комплексов на 10...15 % и транспортных средств на 14...18%, снизила потребность в транспортных средствах в 1,5...2,0 раза и в трудовых ресурсах в 1,5...1,7 раза.

7. Суммарный экономический эффект от внедрения сменных кузовов, при объеме перевозки зерна от комбайнов в 1900 тонн за 15 дней уборки, в зависимости от расстояний перевозок, составил 10,9...17,1 тыс. руб., при этом производительности транспортных работ повысилась в 2,8...2,9 раза.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАННЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

В изданиях рекомендованных ВАК

1. Калинин, Г.А. Экономическая эффективность уборочно-транспортного процесса при перевозке зерна сменными кузовами / Г.А. Калинин, А.С. Чулков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 4. – С. 38-39.

2. Евтюшенков, Н.Е. Транспортное обслуживание уборочных машин сменными кузовам / Н.Е. Евтюшенков, А.С. Чулков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 5. – С. 35-37.

3. Чулков, А.С. Математическая модель расчета производительности и количества транспортных средств в уборочно-транспортном комплексе на перевозке зерна от комбайна / А.С. Чулков, Е.П. Шилова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 6. – С. 42-45.

4. Чулков, А.С. Эффективность уборки зерновых культур с применением сменных кузовов / А.С. Чулков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 4. – С. 24-25.

5. Чулков, А.С. Преимущество перевалочной технологии с применением сменных кузовов / А.С. Чулков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 5. – С. 42-43.

Публикации в других изданиях и материалах конференций

6. Чулков, А.С. Методы исследований технологических схем транспортного обслуживания уборочных агрегатов / А.С. Чулков // Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития АПК в Верхневолжье», Суздаль. – 2011. – С. 86-88.

7. Чулков, А.С. Математическое моделирование уборочно-транспортных процессов с применением сменных кузовов / А.С. Чулков // Международная научно-техническая конференция по теме «Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства», ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, Москва. – 2011. – часть 2. – С. 58-61.

Свидетельства о государственной регистрации

8. **Программа для ЭВМ.** Расчёт эффективности сменных кузовов в уборочно-транспортном комплексе на перевозке зерна от комбайнов / Измаилов А.Ю., Рожин В.Ф., Евтюшенков Н.Е., Чулков А.С. Зарегистрировано ФГУП ВНИИЦ № 0103431560320 от 13.04.2009г.

9. **Патент РФ №116419** на полезную модель. Сменный кузов / Измаилов А.Ю., Чулков А.С., Калинин Г.А., Пышкин В.К.: заявитель и патентообладатель ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. – №2011135780/11; заявл. 26.08.2011г.; опубл. 27.05.2012г. – 2 с.

Подписано в печать 11.11.13. Формат бум .60×90 1/16. Усл. печ. л 1,5.
Тираж 100 экз. Зак. № 32.

Типография ГНУ ВИМ,
Москва, 109428, 1-й Институтский проезд, д. 5.