

На правах рукописи



Алмазов Иван Владимирович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МАШИН ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СЕНА В РУЛОНАХ**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: **Ряднов Алексей Иванович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Заслуженный работник высшей школы РФ

Официальные оппоненты: **Гамаюнов Павел Петрович**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»,
профессор кафедры «Организация перевозок
и управление на транспорте»;
Игитов Шамиль Магомедович
кандидат технических наук,
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)» Махачкалинский филиал,
доцент кафедры «Организация перевозок и
дорожного движения»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2016 г. в __ час. __ мин. на заседании диссертационного совета Д220.008.02 при ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» по адресу: 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26, ауд.303Д.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» <http://www.volgau.com>.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Седов Алексей Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время развитие мясного и молочного животноводства в Российской Федерации является одной из важнейших задач агропромышленного комплекса.

Для решения этой задачи требуется увеличение поголовья крупного рогатого скота (КРС) и его продуктивности, что невозможно без развития кормовой базы.

Основой рациона КРС являются комбикорма и силос. Однако для нормального функционирования кишечника животных необходимо включать в их рацион и грубые корма, в том числе сено и солому, как основной источник клетчатки.

В условиях Нижнего Поволжья стойловый период содержания КРС составляет более полугода. Для этого периода доля грубого корма в общем объеме составляет до 80%.

Особое значение имеет сено в рационе сухостойных высокопродуктивных коров и телят в зимне-весенний период.

Заготовка качественного сена в необходимых объемах невозможна без применения прогрессивных технологий и использования современных машин, позволяющих минимизировать как количественные и качественные потери уже выращенного растительного сырья и корма, так и себестоимость работ, в том числе на операциях по транспортировке и разгрузке грубых кормов.

В Российской Федерации технология заготовки сена спрессованного в рулоны остается наиболее используемой. Эта технология является перспективной, т.к. ее используют не только на заготовке сена и соломы, но и сенажа и силоса с упаковкой специальной пленкой.

В настоящее время при большом разнообразии отечественных машин по заготовке, погрузке, транспортировке и разгрузке грубого корма, отсутствуют четко ориентированные направления по высокоэффективному использованию их. Не достаточно полно обосновано применение тех или иных технических средств на транспортировке грубого корма в рулонах. В связи с этим, важной и актуальной задачей для научных работников, конструкторов и производителей отечественной техники является разработка новых научно-обоснованных и

усовершенствование традиционно используемых технологий и технических средств по транспортировке грубого корма в рулонах.

Степень разработанности темы. До настоящего времени наиболее полно изучены вопросы погрузочных и транспортных работ на уборке прессованного сена и других грубых кормов для КРС. Результаты таких исследований изложены в работах Ю.Н. Блынского, А.И. Бурьянова, П.П. Гамаюнова, С.А. Голубь, И.В. Горбачева, Ю.А. Гуськова, Н.Н. Николаева, В.И. Особова, И.В. Тихонкина и других ученых. Однако в работах перечисленных авторов рассмотрены отдельные, в основном, экономические показатели по оценке эффективности использования машин.

Вопросы комплексной оценки эффективности уборки сельскохозяйственных культур рассмотрены в работах Ряднова А.И., Бердышева В.Е. Федоровой О.А., Шарипова Р.В., Давыдовой С.А. и других ученых. Однако перечисленные ученые не рассматривали вопросы, связанные с оценкой эффективности транспортировки сена в прессованном виде.

Отсутствуют научные разработки специальных грузовых платформ для бортовых транспортных средств, применение которых позволит существенно снизить трудоемкость выгрузки из них рулонов грубого корма.

Цель работы. Повышение эффективности перевозки сена в рулонах за счет использования серийных транспортных средств, обоснованных по комплексному критерию эффективности, и применения на бортовых транспортных средствах разработанной грузовой платформы.

Задачи исследования:

1. Обосновать единичные (частные) показатели и разработать комплексный критерий оценки эффективности транспортировки сена в рулонах.
2. Оценить единичные (частные) показатели эффективности использования некоторых серийных транспортных средств на перевозке сена в рулонах.
3. По комплексному критерию оценить эффективность транспортировки сена в рулонах серийными транспортными средствами.
4. Разработать конструктивно-технологическую схему грузовой платформы для бортового транспортного средства, предназначенную для перевозки рулонов грубого корма, оптимизировать ее геометрические параметры, предло-

жить технологию выгрузки из нее рулонов сена, оценить по комплексному критерию эффективность использования.

5. Разработать рекомендации по выбору транспортного средства для перевозки рулонов сена на различные расстояния и по совершенствованию технологии выгрузки рулонов сена из бортового транспортного средства.

Объект исследования. Технологический процесс и технические средства транспортировки рулонов сена.

Предмет исследования. Технологические схемы и закономерности транспортно-разгрузочных работ сена в рулонах.

Научная новизна работы:

- получена математическая зависимость комплексного критерия, учитывающая совокупность частных показателей эффективности и относительную значимость каждого из них, позволяющая выбирать из множества транспортных средств, используемых на перевозке сена в рулонах, максимально эффективное;

- разработана конструктивно-технологическая схема грузовой платформы для бортового транспортного средства (патент РФ на изобретение №2554036) и технология выгрузки из него рулонов сена;

- получено уравнение регрессии, описывающее зависимость усилия на рукояти борта при его открывании от конструктивных параметров грузовой платформы.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Аналитически обоснован комплексный критерий эффективности использования транспортного средства на перевозке сена в рулонах.

Обоснованы геометрические параметры грузовой платформы транспортного средства, характеризующие величину усилия на рукояти борта при его открывании.

Даны практические рекомендации по выбору наиболее эффективного грузового транспортного средства при перевозке рулонов сена различной массы в зависимости от расстояния перевозки.

Разработана и испытана грузовая платформа для перевозки грубых кормов в рулонах, позволяющая существенно сократить затраты времени на разгрузку бортового транспортного средства.

Методология и методы исследования. Методологической основой теоретических исследований являются основы теории эффективности, классической механики и математической статистики. Вычислительные операции осуществлялись с использованием программного продукта Microsoft Excel 2010. Эксперименты проводились с применением выпускаемых промышленностью и специально изготовленной измерительной аппаратуры и устройств, стандартных и частных методик по планированию и обработке опытных данных.

Положения, выносимые на защиту:

- совокупность единичных (частных) показателей оценки эффективности использования транспортных средств на перевозках сена в рулонах;
- комплексный критерий эффективности использования транспортных средств на перевозках сена в рулонах;
- результаты оценки эффективности использования некоторых серийных транспортных средств на перевозке рулонов сена по комплексному критерию;
- схема и конструктивные особенности грузовой платформы для бортового транспортного средства, результаты оптимизации ее геометрических параметров и технология выгрузки из нее рулонов сена;
- результаты комплексной оценки эффективности транспортировки сена в рулонах бортовым автомобилем, оборудованным грузовой платформой;
- технико-экономические показатели использования специальной грузовой платформы на перевозке рулонов сена.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность экспериментальных результатов подтверждается необходимым количеством эмпирических данных и высокой степенью их точности, выполнением статистической обработки полученных данных на основе типовых компьютерных программ; теоретические предпосылки основаны на известных положениях теории эффективности технических систем; идея базируется на анализе результатов экспериментальных данных и теоретических положений комплексной оценки эффективности, разработанных ранее А.И. Рядновым, О.А. Федоровой, В.Е. Бердышевым, Р.В. Шариповым, С.А. Давыдовой с учетом современных достижений науки в данной области; применены современные методики обработки результатов экспериментов; при сборе и обработке экспериментальных данных использованы ГОСТы и общепринятые методики.

Основные результаты диссертации обсуждены и одобрены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Волгоградского ГАУ (2013–2016 гг.), на Прикаспийском международном молодежном научном форуме агропромтехнологий и продовольственной безопасности 2016 (г. Астрахань), на теоретическом семинаре инженерных факультетов Волгоградского ГАУ и кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка» (2016 г.), макет грузовой платформы для перевозки рулонов сена (соломы) демонстрировался на выставке «Золотая осень» (Москва, 2014 г.), получена Золотая медаль.

Результаты исследований опубликованы в 9 научных работах общим объемом 4,3 п.л. (2,6 п.л. приходится на долю автора), в том числе 3 работы – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и в одном патенте РФ на изобретение.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 159 страницах машинописного текста, из них 136 страниц основного текста, содержит 20 таблиц, 61 рисунок и 14 приложений. Список литературы включает 112 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования и представлена общая характеристика работы.

В первой главе «Состояние вопроса, цель и задачи исследования» показано значение кормопроизводства для повышения продуктивности КРС, рассмотрены технологии заготовки сена и технические средства для формирования и транспортировки сена. Установлено, что использование технологий заготовки сена в тюках и рулонах больших размеров и массы имеет преимущества по сравнению с технологиями заготовки сена в рассыпном виде и в прессованном виде в тюки и рулоны малых размеров и массы. Однако данные технологии имеют следующие основные недостатки: прессование сена необходимо осуществлять при влажности сена близкой к стандартной (17%); в случае отсутствия возможности обеспечения необходимой влажности сена

требуется использование дорогостоящих консервантов; низкая обеспеченность хозяйств измельчителями и размотчиками тюков и рулонов.

В связи с этим, в хозяйствах Волгоградской области в большей степени используются пресс-подборщики, формирующие рулоны массой до 250 кг.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе «Комплексная оценка эффективности использования машин на транспортировке грубого корма в рулонах» обоснованы единичные показатели и комплексный критерий эффективности использования транспортных средств на перевозке грубого корма в рулонах.

Предложены следующие единичные показатели эффективности: себестоимость (C) транспортировки одного рулона сена на расстояние один километр, степень использования грузоподъемности (γ) транспортного средства, трудоемкость (T) разгрузки одного рулона сена из транспортного средства, удельная металлоемкость ($M_{y\delta}$) транспортного средства и повреждаемость (Π) рулонов, включая их потери, при транспортировке. Методом экспертной оценки определена относительная значимость всех выбранных единичных показателей эффективности по зависимости:

$$\alpha_i = \sum_{l=1}^n r_j^l / \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^m r_j^l, \quad (1)$$

где r_j^l – ранг, присвоенный j -му единичному (частному) показателю l – m экспертом.

Критерий эффективности определен как математическое ожидание функции агрегирования $\varphi(W)$:

$$K_{\mathcal{E}} = m \{ \varphi(W) \}, \quad (2)$$

где

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}}}{\prod_{i=m_1+1}^m \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}}}, \quad (3)$$

Обозначив в функции (3) $\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}} = K_{\gamma}$ и $\prod_{i=m_1+1}^m \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{TP}} = K_C K_T K_M K_{\Pi}$,

где $K_{\gamma} = \alpha_{\gamma} \gamma / \gamma^{TP}$, $K_C = \alpha_C C / C^{TP}$, $K_T = \alpha_T T / T^{TP}$, $K_M = \alpha_M M_{y\delta} / M_{y\delta}^{TP}$, $K_{\Pi} = \alpha_{\Pi} \Pi / \Pi^{TP}$ (в знаменателях коэффициентах даны требуемые (желаемые, наилучшие) значения соответствующих единичных показателей),

получим

$$K_{\text{Э}} = m \left\{ \frac{K_{\gamma}}{K_C K_T K_M K_{\Pi}} \right\}. \quad (4)$$

В третьей главе «Результаты экспериментальных исследований эффективности использования серийных транспортных средств на перевозке сена в рулонах» представлены результаты исследования размерно-массовых характеристик рулонов сена, данные по хронометражу транспортировки и разгрузки рулонов сена, значения единичных (частных) показателей и комплексного критерия эффективности использования серийных машин по транспортировке сена в рулонах.

Для определения размерно-массовых характеристик рулонов сена использовались рулоны, сформированные в один день, на одном поле. Исследовались рулоны за пресс-подборщиками ПР-Ф-110 и ППР-120 "Pelikan", широко применяемые в хозяйствах Нижнего Поволжья. Пресс-подборщики были отрегулированы на выбранную плотность прессования.

Влажность сена в рулонах определяли по ГОСТ 27548-97 с применением анализатора влажности «ЭЛВИЗ-2С», с точностью 1%. Повторность отбора проб – четырехкратная.

Массу рулона определяли взвешиванием на электронных весах Скейл 2СКП 1515 (СКИ-А-12Е) с точностью до 1,0 кг. Число взвешиваемых рулонов равнялось 100 шт., что обеспечивало необходимую точность измерения.

По результатам экспериментальных исследований построено распределение изменения массы рулонов сена, рисунок 1.

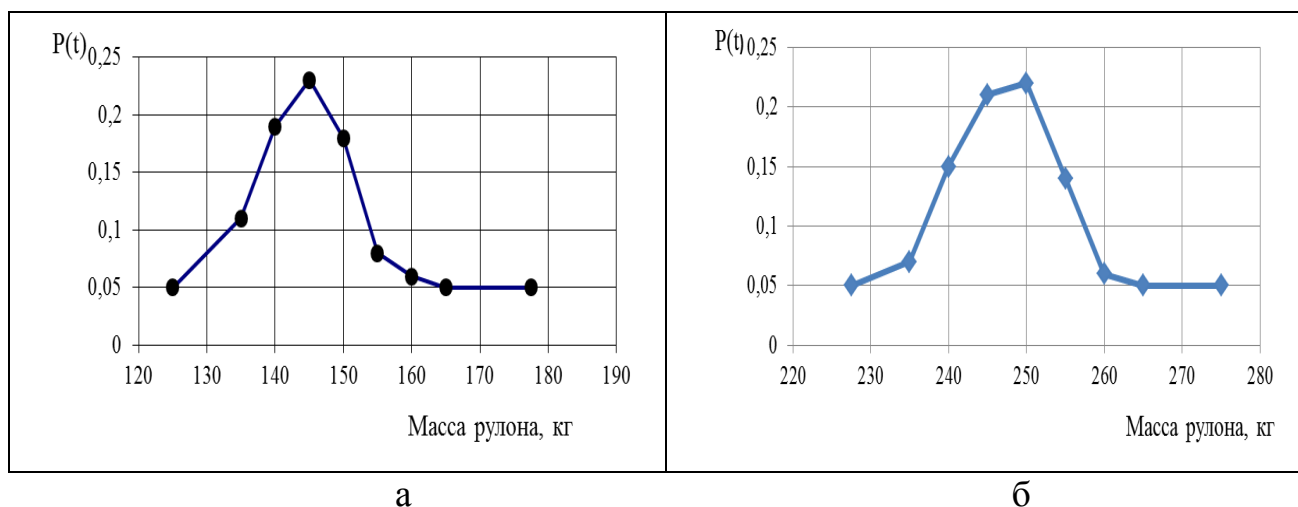


Рисунок 1 – Распределение массы рулона от пресс-подборщиков ПР-Ф-110 (а) и ППР-120 (б)

В результате обработки статистической информации определено, что математическое ожидание массы рулона сена за пресс-подборщиком ПР-Ф-110 равно 147 кг при среднеквадратическом отклонении $\sigma = 13$ кг, а за пресс-подборщиком ППР-120 – 248 кг при $\sigma = 11$ кг.

Диаметр и высоту рулона определяли в диаметрально противоположных направлениях с помощью специально изготовленного измерительного приспособления, снабженного шкалой. Точность измерения 5 мм.

В соответствии с частной методикой исследования осуществлялось измерение размеров 100 рулонов, сформированных пресс-подборщиками ПР-Ф-110, и 100 рулонов – ППР-120 "Pelikan". Определено, что математическое ожидание диаметра рулона за пресс-подборщиком ПР-Ф-110 равно 1,13 м и высоты – 1,08 м, а за пресс-подборщиком ППР-120 – соответственно 1,24 м и 1,20 м.

Влажность сена в рулонах, массу рулонов, их диаметр и высоту определяли непосредственно перед погрузкой рулонов в транспортное средство.

Для сравнения эффективности использования серийных транспортных средств по комплексному критерию выбраны транспортные средства, чаще всего применяемые в хозяйствах Нижнего Поволжья на перевозке рулонов сена: на внутриусадебных перевозках (до 3 км) МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 ГАЗ-3302 и ГАЗ-САЗ-3507/35071, на внутрихозяйственных (от 3 до 20 км) - ГАЗ-3302 и ГАЗ-САЗ-3507/35071 и на внехозяйственных (более 20 км) - ГАЗ-3302 и КАМАЗ 45144 с прицепом.

В процессе хронометража были определены функциональные характеристики выбранных серийных транспортных средств: транспортная скорость, затраты времени на переезды по полю и различным типам дорог, на разгрузку рулонов сена и т. д. Определены также статистические данные, необходимые для оценки единичных показателей и комплексного критерия эффективности.

Наблюдения за работой транспортных средств при заготовке кормов проводили в течение 3 уборочных сезонов (с 2013 г. по 2015 г.) в хозяйствах Кумылженского района Волгоградской области.

Экспериментальные исследования позволили получить данные для расчета единичных (частных) показателей эффективности использования транспортных средств на перевозке рулонов сена:

1. Себестоимость транспортировки одного рулона сена на один километр за один рейс определялась по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5, \quad (5)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 – составляющие себестоимости транспортировки сена в рулонах, относящиеся соответственно к затратам на амортизацию транспортных средств; на приобретение топлива, смазочных и других эксплуатационных материалов; заработную плату водителей (трактористов и вспомогательных рабочих); техническое обслуживание и ремонт подвижного состава, а также на прочие расходы.

2. По средней массе рулонов сена, транспортируемых за один рейс (M_p), и номинальной грузоподъемности (q_n) транспортного средства определен коэффициент использования грузоподъемности:

$$\gamma = M_p / q_n. \quad (6)$$

3. Трудоемкость разгрузки транспортных средств определялась как произведение времени разгрузки на число рабочих, участвующих на данной операции.

Чтобы исключить влияние условий подъезда к месту разгрузки, квалификации водителя транспортного средства, длины транспортного средства и ряда других на продолжительность разгрузки транспортного средства, учитывалось только основное время разгрузки. По экспериментальным данным получено, что основное время разгрузки МТЗ-82.1+ 2ПТС-4,5 составило 185 с., ГАЗ-3302 «Газель» - 298 с., ГАЗ-САЗ-3507/35071 – 108 с., КАМАЗ 45144 с прицепом – 233 с.

4. За удельную металлоемкость транспортного средства нами принято отношение его массы к числу перевозимых рулонов сена и пробегу за один рейс:

$$M_{уд} = \frac{M_{ТС}}{l_{г} N_p}, \quad (7)$$

где $M_{ТС}$ – эксплуатационная масса транспортного средства, $l_{г}$ – длина ездки транспортного средства, N_p – число перевозимых рулонов сена за один рейс.

5. Повреждаемость рулонов сена при погрузке, транспортировке и разгрузке оценивалось, прежде всего, по повреждению фиксирующих шпагатов. Разрыв шпагата приводил к полному или частичному разрушению рулона. Учитывались также непредвиденные потери рулонов. Зависимость количества поврежденных шпагатов от применяемых в процессе исследований пресс-подборщиков, сформировавших рулоны сена, не установлена.

Значения частных показателей эффективности использования серийных транспортных средств представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения частных показателей эффективности использования серийных транспортных средств

Показатель	Транспортное средство						
	МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	ГАЗ-3302 «Газель»			ГАЗ-САЗ- 3507/35071		КАМАЗ 45144 с прицепом
	до 3 км	до 3 км	от 3 до 20 км	более 20 км	до 3 км	от 3 до 20 км	более 20 км
ПР-Ф-110							
$C, \frac{\text{руб.}}{\text{км}\cdot\text{рул.}}$	20,02	6,19	3,52	2,52	12,13	24,92	0,68
γ	0,464	0,909	0,87	0,84	0,371	0,30	0,27
T, чел·ч	0,051	0,083	0,083	0,083	0,03	0,03	0,065
$M_{\text{уд}},$ кг/км·рул	2,38	0,17	0,07	0,04	0,42	0,30	0,04
П, %	1,6	1,8	1,9	2,7	2,0	2,3	2,9
ПРП-120							
$C, \frac{\text{руб.}}{\text{км}\cdot\text{рул.}}$	39,05	12,36	5,94	3,25	9,11	11,09	0,59
γ	0,700	0,944	0,86	0,79	0,657	0,56	0,43
T, чел·ч	0,051	0,083	0,083	0,083	0,03	0,03	0,065
$M_{\text{уд}},$ кг/км·рул	2,66	0,28	0,13	0,07	0,40	0,28	0,04
П, %	1,6	1,8	1,9	2,7	2,0	2,3	2,9

Расчетные значения коэффициентов относительной значимости (важности) единичных частных показателей эффективности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициентов важности α_i

Единичный (частный) показатель эффективности	C	γ	T	$M_{\text{уд}}$	П
α_i	0,35	0,23	0,23	0,11	0,08

Исходя из наилучших достигнутых результатов, принято: $C^{\text{TP}} = 0,59 \frac{\text{руб.}}{\text{км}\cdot\text{рул.}}$, $\gamma^{\text{TP}} = 1,0$, $T^{\text{TP}} = 0,016$ чел·ч, $M_{\text{уд}}^{\text{TP}} = 0,04$ кг/км·рул., $\Pi^{\text{TP}} = 0,7\%$.

По зависимости (4) рассчитаны значения комплексного критерия эффективности использования транспортных средств при перевозке рулонов сена,

таблица 3.

Таблица 3 – Значения комплексного критерия эффективности использования серийных транспортных средств при перевозке рулонов сена

Показатель	Транспортное средство						
	МТЗ-82.1 + 2ПТС- 4,5	ГАЗ-3302 «Газель»			ГАЗ-САЗ- 3507/35071		КАМАЗ 45144 с прицепом
	до 3 км	до 3 км	от 3 – до 20 км	более 20 км	до 3 км	от 3 – до 20 км	более 20 км
Рулоны, сформированные пресс-подборщиком ПР-Ф-110							
Кэ	0,01	0,49	1,92	3,14	0,11	0,05	4,44
Рулоны, сформированные пресс-подборщиком ПРП-120							
Кэ	0,01	0,16	0,60	1,33	0,26	0,23	8,46

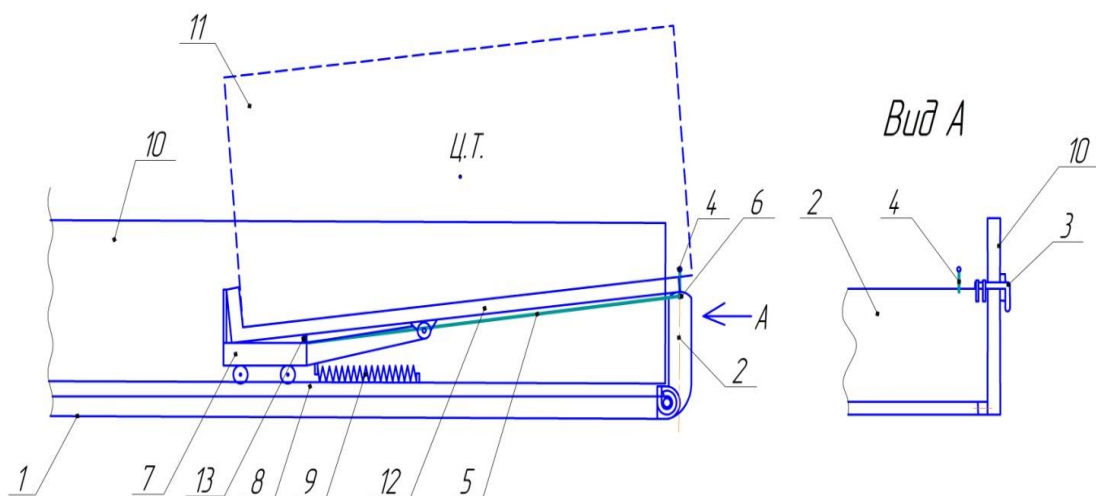
Результаты расчетов комплексного критерия эффективности использования серийных транспортных средств показали, что наиболее эффективным транспортным средством на внутриусадебных перевозках рулонов сена малой массы является автомобиль ГАЗ-3302 ($Kэ = 0,49$), а на перевозках рулонов большей массы – ГАЗ-САЗ- 3507/35071 ($Kэ = 0,26$), на внутрихозяйственных перевозках – автомобиль ГАЗ-3302 ($Kэ = 1,92$ и $Kэ = 0,60$), а на внехозяйственных – КАМАЗ 45144 ($Kэ = 4,44$ и $Kэ = 8,46$). Машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 не эффективно использовать даже на малых расстояниях ($Kэ = 0,01$).

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований использования бортового транспортного средства, оборудованного грузовой платформой, на перевозке сена в рулонах» предложена конструктивно-технологическая схема грузовой платформы к бортовому транспортному средству для перевозки рулонов сена и технология их выгрузки, методика планирования многофакторного эксперимента и результаты оптимизации геометрических параметров грузовой платформы, дана оценка единичных (частных) показателей и результаты расчета комплексного критерия эффективности использования бортового автомобиля ГАЗ-3302, оборудованного грузовой платформой, на транспортировке сена в рулонах.

На рисунке 2 представлена фотография бортового автомобиля ГАЗ-3302, оборудованного грузовой платформой, схема которой показана на рисунке 3.



Рисунок 2 – Грузовая платформа на базе автомобиля «Газель»



1–пол грузовой платформы, 2– боковой откидной борт; 3–механизм фиксации борта; 4 – рукоятка управления разгрузкой; 5 – гибкая связь; 6 – узел крепления гибкой связи на борту; 7 –подвижный брус; 8 – направляющие; 9 – пружины; 10 – задний борт; 11 – рулон сена; 12 – опорный щит; 13 – механизм возврата

Рисунок 3 – Схема грузовой платформы

Устройство грузовой платформы следующее. К полу 1 платформы (рисунок 3) закрепляются с помощью шарнира два боковых откидных борта 2, каждый из которых снабжен механизмом фиксации 3 борта 2 и рукояткой управления разгрузкой 4. К устройству крепления 6 верхней части борта 2 присоединяется гибкая связь 5 (трос), приводящая в движение подвижный брус 7, на котором размещен опорный щит 12. Подвижный брус 7 перемещается по направляющим 8 и возвращается в исходное положение пружинами 9. В задней части платформы расположен с наклоном назад задний борт 10, с механизмом регулирования угла наклона. В исходном положении подвижные брусья 7 сдвинуты к центру продольной оси грузовой платформы.

Технология выгрузки рулонов сена из разработанной конструкции грузовой платформы следующая.

При открывании одного бокового борта 2 с помощью рукоятки управления разгрузкой 4 соответствующий подвижный брус 7 перемещается вместе с боковым откидным бортом 2 ближе к боковому краю грузовой платформы 1, при этом сжимаются возвратные пружины 9. В результате чего рулоны 11, опирающиеся одной стороной на подвижный брус 7, а другой – на откидной борт 2 через опорный щит, наклоняются и одновременно смещаются к внешней стороне грузовой платформы 1. При переходе центра тяжести рулона 11 края грузовой платформы 1 происходит выгрузка рулона 11 на площадку. После чего возвратным механизмом 13 опорный щит возвращается в исходное положение. При закрывании бокового борта 2 возвратные пружины 9 возвращают подвижный брус 7 в исходное положение, после чего аналогично разгружают рулоны 11 сена, расположенные на другой стороне грузовой платформы 1.

При выборе оптимизируемых факторов, с точки зрения их независимости и дальнейшего определения диапазона изменения, проведены предварительные теоретические расчеты геометрических параметров грузовой платформы. В частности, определена зависимость высоты борта H от усилия на рукоятке P и ряда других геометрических показателей

$$H = \frac{P \cdot H_p L}{mg(f_k l_1 + f_{тр} l_2)} + \frac{a l_2}{(f_k l_1 + f_{тр} l_2)}, \quad (8)$$

где H_p – плечо действия силы P ; a – эксцентриситет борта – расстояние от вертикальной оси борта до оси петли борта; f_k – коэффициент качения колес опорного бруса по полу грузовой платформы; $f_{тр}$ – коэффициент трения опорного щита о борт; m – суммарная масса рулонов сена, одновременно выгружаемых из грузовой платформы; $L = l_1 + l_2$ – расстояние от подвижного бруса до борта; l_2 – расстояние по горизонтали от центра тяжести рулона в транспортном положении до точки касания опорного щита на подвижный брус грузовой платформы.

Экспериментальная грузовая платформа обеспечивала возможность варьирования факторов, представленных в таблице 4.

Таблица 4 – Факторы, уровни и интервалы варьирования

Факторы	Уровни фактора			Интервал варьирования, ε
	0	-1	+1	
x_1 – эксцентриситет борта, мм	0	-30	30	30
x_2 – расстояние от шарнира до проекции центра тяжести рулона, мм	50	0	100	50
x_3 – высота борта, мм	120	60	180	60

Экспериментальные исследования предложенной конструкции грузовой платформы проводили методом планирования эксперимента.

Результаты экспериментов обработаны на ЭВМ, получено уравнение регрессии в кодированном виде

$$P = 21,9 + 3,5x_1 + 0,3x_2 - 0,6x_3 + 0,2x_1x_2 - 0,3x_1x_3 - 30,4x_2x_3 + 1,9x_1^2 + 1,7x_2^2 + 1,4x_3^2 \quad (9)$$

и оптимальные с точки зрения допустимого усилия на рукоятке управления откидным бортом значения эксцентриситета борта (30 ...24 мм внутрь платформы), расстояния от шарнира до проекции центра тяжести рулона (45...55 мм) и высоты борта (120...132 мм).

Определены значения частных показателей и рассчитаны значения комплексного критерия эффективности использования ГАЗ-3302, оборудованного грузовой платформой, таблица 5.

Таблица 5 – Значения частных показателей и комплексного критерия эффективности использования ГАЗ-3302, оборудованного грузовой платформой

Показатель	Расстояние транспортировки рулонов сена		
	до 3 км	от 3 – до 20 км	более 20 км
$C, \frac{\text{руб.}}{\text{км}\cdot\text{рул.}}$	5,40	3,20	2,11
γ	0,909	0,87	0,84
$T, \text{ чел}\cdot\text{ч}$	0,016	0,016	0,016
Муд, кг/км·рул	0,19	0,08	0,04
$P, \%$	0,7	1,1	1,1
Кэ	6,86	16,00	46,21

Как следует из представленных в таблице 5 данных, использование грузовой платформы на базе бортового автомобиля ГАЗ-3302 позволяет повысить эффективность внутриусадебных перевозок рулонов сена в 14,0 раз, внутрихозяйственных – в 9,88 и внехозяйственных – в 14,72 раз больше по сравнению с эффективностью перевозок рулонов сена серийным бортовым автомобилем.

В пятой главе «Экономическая эффективность предложенных рекомендаций» отмечается, что применение грузовой платформы на бортовом автомобиле ГАЗ-3302 «Газель» дает годовой экономический эффект от снижения прямых эксплуатационных затрат на перевозке рулонов сена 45657 рублей при сроке окупаемости дополнительных капиталовложений 0,54 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан комплексный критерий эффективности использования транспортных средств на перевозке рулонов сена, учитывающий совокупность единичных (частных) показателей: себестоимость транспортировки одного рулона сена на расстояние один километр, использование грузоподъемности транспортного средства, трудоемкость разгрузки одного рулона сена из транспортного средства, удельная металлоемкость транспортного средства и повреждаемость рулонов, а также их относительную значимость.

2. Дана оценка единичных (частных) показателей эффективности транспортировки рулонов сена транспортными средствами: МТЗ-82.1+2ПТС-4,5, ГАЗ-3302, ГАЗ-САЗ-3507/35071 и КАМАЗ 45144 с прицепом от прессподборщиков ПР-Ф-110 и ППР-120 на внутриусадебных (до 3 км), внутрихозяйственных (от 3 до 20 км) и внехозяйственных (более 20 км) перевозках.

3. Результаты расчетов комплексного критерия эффективности использования серийных транспортных средств показали, что наиболее эффективным транспортным средством на внутриусадебных перевозках рулонов сена малой массы является автомобиль ГАЗ-3302 ($K_{\text{э}} = 0,49$), а на перевозках рулонов большей массы – ГАЗ-САЗ- 3507/35071 ($K_{\text{э}} = 0,26$), на внутрихозяйственных перевозках – автомобиль ГАЗ-3302 ($K_{\text{э}} = 1,92$ и $K_{\text{э}} = 0,60$), а на внехозяйственных – КАМАЗ 45144 ($K_{\text{э}} = 4,44$ и $K_{\text{э}} = 8,46$). Машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 не эффективно использовать на перевозках рулонов сена даже на малые расстояния ($K_{\text{э}} = 0,01$).

4. Предложена конструктивно-технологическая схема грузовой платформы для бортового транспортного средства (патент РФ №2554036), предназначенная для перевозки рулонов грубого корма, определены оптимальные значения эксцентриситета борта (30 ...24 мм внутрь платформы), расстояния от шарнира до проекции центра тяжести рулона (45...55 мм) и высоты борта (120...132 мм), предложена технология выгрузки из нее рулонов грубого корма.

Комплексный критерий эффективности использования разработанной грузовой платформы на базе бортового автомобиля ГАЗ-3302 на внутриусадебных перевозках $K_{\text{э}} = 6,86$, на внутрихозяйственных $K_{\text{э}} = 16,00$ и на внехозяйственных $K_{\text{э}} = 46,21$, что соответственно в 14,0; 9,88 и 14,72 раз больше, чем для серийного автомобиля.

5. Применение грузовой платформы на бортовом автомобиле ГАЗ-3302 да-

ет годовой экономический эффект от снижения прямых эксплуатационных затрат на перевозке рулонов сена 45657 рублей при сроке окупаемости дополнительных капиталовложений 0,54 года.

Рекомендации производству

1. На внутриусадебных и внутривозвездных перевозках рулонов сена использовать автомобили малой грузоподъемности, а на вневозвездных – самосвальные автомобили большой грузоподъемности.

2. При использовании на перевозках рулонов сена бортовых транспортных средств оборудовать их специальной грузовой платформой.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследований:

1. Разработка универсального модуля для транспортировки рулонов сена для различных бортовых транспортных средств;

2. Совершенствование технологии транспортировки и разгрузки прессованного сена и других видов грубого корма в тюках.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Ряднов, А.И. Обоснование высоты бокового борта грузовой платформы для перевозки рулонов сена /А.И. Ряднов, **И.В. Алмазов** //Научное обозрение, 2016, №9. – С. 98-102.

2. Ряднов, А.И. Обоснование длины ездки грузовых автомобилей при транспортировке сена в рулонах /А.И. Ряднов, **И.В. Алмазов** //Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №3 (39). – С. 167-170.

3. Ряднов, А.И. Усовершенствованная грузовая платформа автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, **И. В. Алмазов** //Сельский механизатор. – 2015. – № 5. – С.14.

в патенте РФ:

4. Патент РФ на изобретение №2554036, В60Р1/52, В62D33/027; Грузовая платформа автомобиля для перевозки рулонов сена, соломы / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., **Алмазов И.В.**; заявитель и патентообладатель - ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ - №2013146127/11; заявл. 15.10.2013; опубл. 20.06.2015. Бюл. 17.

в других изданиях:

5. Ряднов, А.И. Использование грузоподъемности транспортных средств на перевозке рулонов сена /А. И. Ряднов, **И. В. Алмазов**// Современное научное знание в условиях системных изменений: материалы первой национальной научно-практической конференции. – Тара, Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – С. 215-217.

6. **Алмазов, И.В.** Результаты хронометража работы транспортных средств на перевозке рулонов / И.В. Алмазов, О.Н. Беспалова // Материалы Прикаспийского международного молодежного научного форума агропромтехнологий и продовольственной безопасности 2016 – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2016. – С. 3-5.

7. **Алмазов, И.В.** Размерно-массовые характеристики рулонов сена /И.В. Алмазов, С.А. Давыдова // Материалы Прикаспийского международного молодежного научного форума агропромтехнологий и продовольственной безопасности 2016 – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2016. – С. 5 - 7.

8. **Алмазов, И.В.** Совершенствование транспортных средств для перевозки рулонов сена / И.В. Алмазов //Материалы 18 региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. 5 – 8 ноября 2013 г. г. Волгоград. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. – С.75-77.

9. **Алмазов, И.В.** Усовершенствованная конструкция кузова автомобиля «Газель» для перевозки рулонов сена/ И.В. Алмазов //Материалы 17 региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. 6–9 ноября 2012г. г. Волгоград. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. – С.59.

Заказ № ____ Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 1,0. Усл.-печ. 1,0.

ИПК «Нива» Волгоградского ГАУ
400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26, тел. (8442) 48-53-47
E-mail: volgau@volgau.com