

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПАКЕТОВ С КОМБИКОРМОМ НА ПЛАТФОРМЕ АВТОМОБИЛЯ

А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова, Б. Советбеков

Рассмотрены проблемы перевозки комбикорма в мешках для животноводческих фермерских хозяйств. Сформирован транспортный пакет с комбикормом при обеспечении максимального использования грузоподъемности поддона. Предложена методика расчета по определению оптимальной партии перевозок комбикормов. Проанализированы способы оптимального размещения пакетов на типовых платформах автомобиля, прицепа и полуприцепа. Установлено несоответствие использования площади и грузоподъемности подвижного состава. Рассчитано необходимое минимальное количество ездов для перевозки партий комбикорма. Определено влияние количества загружаемых пакетов в подвижной состав на конечное число ездов.

Ключевые слова: транспортный пакет; комбикорм в мешках; животноводческие фермерские хозяйства; автомобильные перевозки комбикорма; схемы размещения поддонов; транспортные затраты.

АВТОМОБИЛДИН ПЛАТФОРМАСЫНДА КОШМО ТОЮТ САЛЫНУУЧУ ТРАНСПОРТТУК БАШТЫКЧАЛАРДЫ ЖАЙГАШТЫРУУНУН ОПТИМАЛДУУ СХЕМАСЫН ТАНДОО

А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова, Б. Советбеков

Макалада фермердик мал чарбасы үчүн каптагы кошмо тоютту ташуунун көйгөйлөрү каралаган. Кошмо тоют салынуучу транспорттук баштыкчалар транспорттун максималдуу жүк көтөрүмдүүлүгүнө жараша калыптанган. Кошмо тоютту ташууда оптималдуу көлөмдү аныктап, эсептөөчү методика сунушталган. Автомобилдин типтүү платформаларында, чиркегичине, жарым чиркегичине баштыкчаларды оптималдуу жайгаштыруунун жолдору, түрлөрү талданды. Автомобилдин жүк көтөрүмдүүлүгү менен аянтты пайдалануунун бири-бирине дал келбөөсү белгиленди. Кошмо тоюттун партиясын ташуу үчүн автомобилдин минималдуу жүрүү саны эсептелди. Рейстердин акыркы санына кыймылдуу курамга жүктөлгөн пакеттердин санынын таасири аныкталды.

Түйүндүү сөздөр: транспорттук баштыкча; мүшөктөгү кошмо тоют; фермердик мал чарбасы; кошмо тоютту автомобильде ташуу; жүктүн алдына коюучу такталардын жайгашуу схемасы; транспорттук чыгымдар.

SELECTION OF THE OPTIMAL SCHEME OF PLACING TRANSPORT PACKAGES WITH COMBINED FEED ON THE VEHICLE PLATFORM

A. V. Kulikov, S. Yu. Firsova, B. Sovetbekov

The article deals with the problems of transporting mixed feed in bags for livestock farms. A transport package with compound feed was formed while ensuring maximum use of the pallet carrying capacity. A calculation method is proposed to determine the optimal batch of mixed feed transportation. The ways of optimal placement of packages on typical platforms of a car, trailer and semitrailer are analyzed. The discrepancy between the use of the area and the carrying capacity of the rolling stock was established. The required minimum number of trips for transporting feed consignments has been calculated. The influence of the number of packages loaded into the rolling stock on the final number of rides has been determined.

Keywords: transport package; mixed feed in bags; livestock farms; road transport of compound feed; pallet placement schemes; transport costs.

Введение. Скотоводство – первая по значению отрасль животноводства. В настоящее время разведение крупного рогатого скота представляет большой экономический интерес, прежде всего потому, что от него получают самые ценные высококалорийные продукты питания.

Многочисленные исследования показывают, что доля влияния кормовых факторов на продуктивность животных составляет 60–70 %, генетических – 20–30 % и около 10 % – это факторы условий содержания животных.

Успешное развитие животноводства возможно на основе развитой и прочной кормовой базы, в создании которой комбикормовая промышленность играет большую роль. Она призвана посредством транспорта обеспечивать животноводческие хозяйства комбикормами высокой питательности, содержащими все необходимые для животных вещества: белки, углеводы, жиры, минеральные элементы и витамины.

Транспортный процесс перевозки комбикормов в фермерские хозяйства имеет циклический характер. Перевозочный процесс комбикормов автомобильным транспортом включает следующие этапы: подготовка груза к перевозке; погрузка; транспортирование; разгрузка; складирование. Каждый этап состоит из множества

элементов и операций, продолжительность которых имеет значительные колебания во времени и подчиняется различным вероятностным законам распределения случайных величин. В эффективной технологии перевозок комбикормов важно составить правильную цепочку: операции, элементы и этапы перевозочного процесса; определить оптимальный набор структурных компонентов; оценить возможные запаздывания и необходимые усиления.

Подготовка груза к перевозке является одним из основных начальных этапов, в котором необходимо правильно определить технологический набор компонентов и задать “правильный” грузопоток на входе в транспортную систему: грузоотправитель – транспорт [1]. Необходимо точно сформировать и определить объем перевозимой партии комбикорма для каждого конкретного фермерского хозяйства.

В сфере животноводства между поставщиком и потребителем должны существовать запасы комбикорма, а задача транспорта заключается в обеспечении поддержания на определенном уровне запасов на складе фермерского хозяйства.

Транспортным предприятиям проще и выгоднее организовать перевозку комбикорма

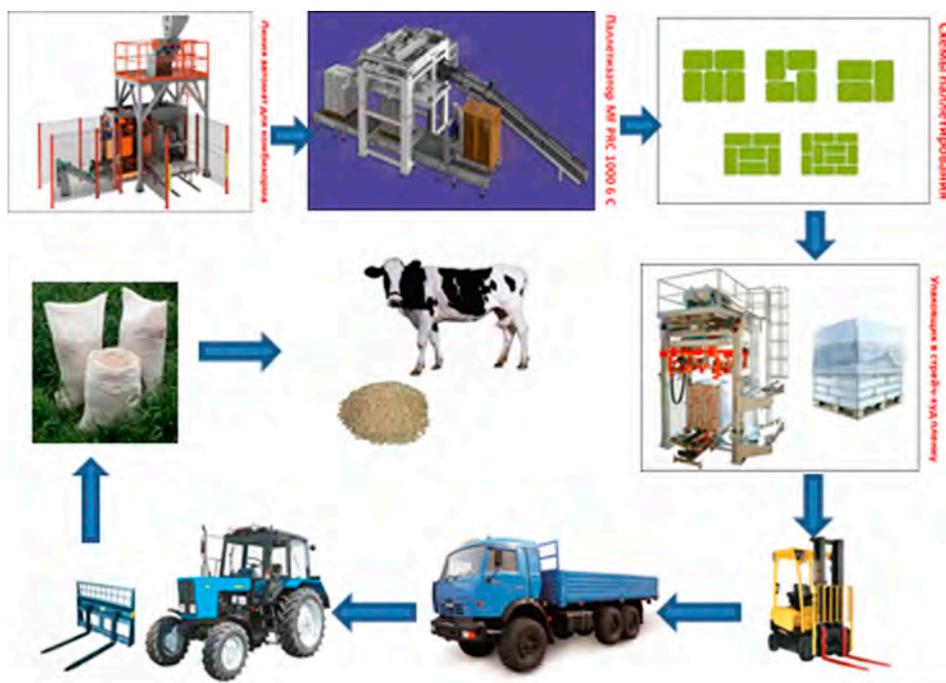


Рисунок 1 – Логистическая цепь доставки комбикорма в мешках от производителя к потребителю

бестарным способом. Для этого можно использовать специализированный подвижной состав (ПС) – комбикормовоз. Практика показывает, что использование серийных автомобилей самосвалов на большие расстояния экономически невыгодно, снижается коэффициент использования грузоподъемности, а также производительность за счет меньшей грузоподъемности автомобилей самосвалов по сравнению с аналогичными бортовыми автомобилями. Перевозка комбикорма бортовыми автомобилями требует использования дополнительных разгрузочных машин и механизмов в пункте разгрузки в фермерском хозяйстве. Содержание большого складского хозяйства у фермера со специализированным оборудованием нерентабельно. Установлено, что в животноводческих хозяйствах перевозку, потребление и хранение комбикормов выгоднее осуществлять в мешках.

Принципы логистики позволяют организовать перевозку комбикорма с обеспечением минимального времени простоя под погрузочно-разгрузочными работами. Мы предлагаем осуществлять перевозку комбикорма тарным способом в мешках, которые определенным образом необходимо укладывать на поддоны. Поддоны легко и быстро грузятся у грузоотправителя и быстро разгружаются у фермера (рисунок 1).

В статье приведены результаты исследования влияния способа размещения поддонов на платформе разных автомобилей на число ездов для перевозки оптимальной партии комбикорма. Комбикорм (К-65 для КРС, овец и лошадей) перевозится в мешках (400×800) весом 70 кг. Партию комбикорма предлагаем определять исходя из обеспечения минимальных затрат. Уравнение затрат, связанных с запасом комбикорма в фермерском хозяйстве (сделанного в течение года), предлагаем определять следующим выражением:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6, \quad (1)$$

где $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$ – соответственно затраты, связанные с запасом; с транспортированием; с выполнением погрузочно-разгрузочных работ; с недоиспользованием провозной возможности подвижного состава; со стоимостью приобретения комбикорма; с организацией запаса; с хранением запаса.

Затраты, связанные с транспортированием комбикорма, составят:

$$Z_1 = S_{\text{тр}} \cdot Q, \quad (2)$$

где $S_{\text{тр}}$ – себестоимость транспортирования комбикорма, руб/т; Q – потребность в комбикорме, т/год.

Затраты, связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных работ:

$$Z_2 = S_{\text{пр}} \cdot Q, \quad (3)$$

где $S_{\text{пр}}$ – себестоимость погрузочно-разгрузочных работ руб/т.

Затраты с недоиспользованием провозной возможности подвижного состава:

$$Z_3 = \Delta C_a \cdot \frac{Q}{W_n}, \quad (4)$$

где ΔC_a – затраты транспортной организации, связанные с переключением подвижного состава на перевозку другого груза, руб/партия; W_n – объем перевозимой партии комбикорма, т.

Затраты на приобретение комбикорма определяются по формуле:

$$Z_4 = \delta_r \cdot Q, \quad (5)$$

где δ_r – цена комбикорма, руб/т.

Затраты, связанные с организацией запаса комбикорма, определяются умножением постоянных затрат на число поставок, сделанных в течение года:

$$Z_5 = Z_{\text{пр}} \cdot n = Z_{\text{пр}} \cdot \frac{Q}{W_n}, \quad (6)$$

где n – число поставок комбикорма в мешках в течение года; $Z_{\text{пр}}$ – постоянные затраты, руб/партия (постоянные расходы, организационные издержки, связанные с оформлением получения комбикорма, с подготовительно-заключительными операциями при подаче заявок и поступлении комбикорма).

Затраты, связанные с хранением запаса комбикорма, определяются как:

$$Z_6 = S_x \cdot \frac{(G-Q) \cdot W_n}{2G}, \quad (7)$$

где S_x – себестоимость хранения запаса комбикорма, руб./т; G – производительность поставщика комбикорм, т/год.

Подставим все полученные затраты в исходную формулу:

$$Z = S_{\text{тр}} \cdot Q + S_{\text{пр}} \cdot Q + \Delta C_a \cdot \frac{Q}{W_n} + \delta_r \cdot Q + 3_{\text{пр}} \cdot \frac{Q}{W_n} + S_x \cdot \frac{(G-Q) \cdot W_n}{2G}. \quad (8)$$

Для определения оптимального размера перевозимой партии комбикорма возьмем первую производную по dW_n и приравняем к нулю:

$$\frac{dZ}{dW_n} = -\frac{3_{np} \cdot Q}{W_n^2} - \Delta C_a \cdot \frac{Q}{W_n^2} + S_x \cdot \frac{(G-Q)}{2G} \quad (9)$$

Оптимальный размер перевозимой партии комбикорма определяется из выражения:

$$W_n = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot Q \cdot (3_{np} + \Delta C_a)}{S_x \cdot (G-Q)}} \quad (10)$$

Характеристика транспортного пакета. Рекомендуем мешки перевозить на стандартном евро-поддоне размером 800×1200. Вес пакета определяется как вес мешков с комбикормом и вес невозвратного поддона:

$$Q_{пак} = q_m \cdot n_m \cdot n_p + q_{под} \quad (11)$$

где $Q_{пак}$ – вес пакета, кг; q_m – вес одного мешка, кг; $q_{под}$ – вес поддона, кг; n_m – количество мешков в ряду, шт.; n_p – количество рядов на поддоне, шт.

В таблице 1 показано, что для фермерского хозяйства с годовым содержанием 1200 голов крупнорогатого скота (КРС) необходимо перевезти 1800 т комбикорма. Общий вес

Таблица 1 – Характеристика транспортных пакетов с комбикормом в мешках

Величина	Вес поддона, кг	Вес одного мешка, кг	Количество мешков в пакете, шт.	Вес пакета, кг	Количество поддонов, шт.	Вес пакетов, кг
Поддон с комбикормом	25	70	21	1495	1220	1823900

перевозимого груза с учетом поддонов составил 1823,9 т. В таблице 2 приведена характеристика наиболее часто используемого подвижного состава для перевозки комбикорма в пакетах.

Размещение транспортных пакетов с комбикормом на платформе подвижного состава. Определим потребное число платформ для перевозки всех поддонов рассчитанной партии. Возможные схемы размещения поддонов на платформах приведены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 2 – Характеристика подвижного состава

Марка автомобиля	седельный тягач: КАМАЗ – 44108 	бортовой автомобиль: КАМАЗ – 43118 
Грузоподъемность, кг Внутренние размеры кузова, мм	10000 -	10000 6100×2470×725
Марка полуприцепа/прицепа	Полуприцеп: СЗАП 9340 	Прицеп: НЕФА3-8332 
Грузоподъемность, кг Внутренние размеры кузова, мм	14500 9300×2480×2025	10000 6200×2500×730

Таблица 3 – Варианты размещения поддонов на платформе ПС

Тип ПС	До корректировки (при максимальном использовании площади платформы)		После корректировки (при максимальном использовании грузоподъемности ПС)	
	число пакетов комбикорма на платформе, шт.	коэффициент использования грузоподъемности	число пакетов комбикорма на платформе, шт.	коэффициент использования грузоподъемности
Бортовой автомо- биль	15	2,2	7	1,03
Бортовой прицеп	15	2,2	7	1,03
Бортовой автомо- биль с прицепом	30	2,2	14	1,03
Седельный тягач с полуприцепом	21	2,1	10	1,01

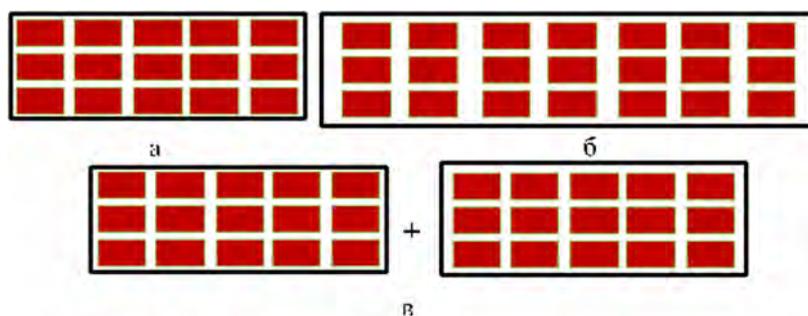


Рисунок 2 – Возможные варианты размещения пакетов на платформе ПС: а – бортовой автомобиль КА-МАЗ-43118; б – полуприцеп СЗАП-9340; в – бортовой автомобиль КАМАЗ-43118 с прицепом НЕФА3-8332

Загрузка всей площади платформы автомобиля поддонами с мешками комбикорма приводит к превышению в 2,2 раза фактической грузоподъемности автомобиля по сравнению с его номинальной грузоподъемностью. Что является недопустимым из-за ограничения по прочности конструкции ПС и возможного отрицательного воздействия его на дорожное покрытие. Превышение номинальной грузоподъемности допускается не более 10 %. В результате максимальное использование площади кузова автомобиля не является показателем его эффективного использования. Для перевозки комбикорма в мешках на поддонах необходимо производить расчет, обеспечивающий загрузку автомобиля, исходя из максимального использования грузоподъемности, а не площади кузова. Далее, из возможного ПС для перевозки комбикорма необходимо выбрать такой, в котором неиспользуемая площадь при размещении оптимального количества

поддонов была бы минимальной. На рисунках 2, 3 представлены возможные варианты размещения поддонов. В таблице 4 и на рисунке 4 приведен анализ использования площади платформы для возможного ПС при полной его загрузке.

Для выбора наиболее оптимального ПС проведем сравнение по их технико-эксплуатационным показателям.

Степень использования грузоподъемности ПС для разных схем размещения поддонов на платформе произведем по формуле:

$$\gamma_{Ci} = \frac{Q_{\text{пак}} \cdot n_{\text{пак}}}{q_{\text{н}}}, \quad (12)$$

где γ_{Ci} – коэффициент использования грузоподъемности; $n_{\text{пак}}$ – число поддонов на платформе, шт.; $q_{\text{н}}$ – номинальная грузоподъемность ПС, т.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Анализ использования грузоподъемности показал, что при полном использовании поддонами площади платформы предлагаемых единиц

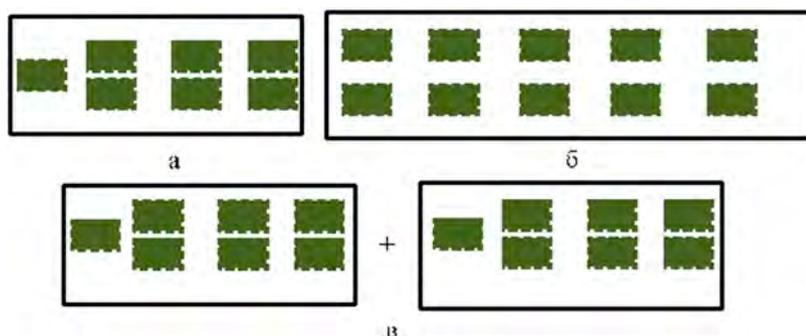


Рисунок 3 – Скорректированное по грузоподъемности количество пакетов на платформе ПС:
 а – бортовой автомобиль КАМАЗ–43118; б – полуприцеп СЗАП–9340;
 в – бортовой автомобиль КАМАЗ–43118 с прицепом НЕФА3–8332

ПС, расчетные теоретические значения коэффициентов использования грузоподъемности получаются больше в 2,1 раза. Фактическая грузоподъемность в 2,1 раза превышает допустимую грузоподъемность. В результате количество размещаемых поддонов необходимо скорректировать в соответствии с допустимым значением коэффициента использования грузоподъемности ($\gamma_{Cr} \leq 1,1$):

$$n_{\text{пак}}^{\text{доп}} = \frac{\gamma_{Cr} \cdot q_n}{Q_{\text{пак}}}, \quad (13)$$

где – число допустимых поддонов на платформе ПС, шт.

Определение минимального числа ездов для перевозки партии комбикорма на поддонах. Исследуем значения показателя неиспользуемой площади платформы, для этого рассчитаем в %, на сколько платформа предлагаемых ПС не используется поддонами по формуле:

$$S_{\Delta\%} = \frac{S_{\text{пл}} - S_{\text{под}}}{S_{\text{пл}}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где $S_{\Delta\%}$ – неиспользованная площадь платформы ПС, %; $S_{\text{пл}}$ – площадь платформы ПС, м²; $S_{\text{под}}$ – площадь всех поддонов на платформе, м².

Минимальное количество ездов ПС разного типа для перевозки всей партии комбикорма определяется выражением [1, 2]:

$$Z_e = \frac{Q}{q_{\phi}}, \quad (15)$$

где q_{ϕ} – номинальная грузоподъемность ПС, т.

$$q_{\phi} = Q_{\text{пак}} \cdot n_{\text{пак}}^{\text{доп}}. \quad (16)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Неиспользованная площадь (таблица 4, рисунок 4) больше у одиночного бортового автомобиля.

Таблица 4 – Анализ неиспользованной площади платформы ПС

Тип и марка ПС	ППЦ СЗАП 9340	КАМАЗ-43118	ПЦ НЕФА3-8332	КАМАЗ-43118+ПЦ НЕФА3-8332
Площадь платформы, м ²	23,1	15,1	15,5	30,6
Площадь, занимаемая одним поддоном, м ²	0,96	0,96	0,96	0,96
Рекомендуемое число поддонов, шт.	10	7	7	14
Площадь, занимаемая всеми поддонами, м ²	9,6	6,72	6,72	13,44
Неиспользованная площадь платформы при размещении поддонов, %	42	45	43	44

Проведенный анализ показал, что при организации перевозок комбикорма тарным способом неиспользуемая площадь бортовых автомобилей, прицепов и полуприцепов составляет больше 40 %. При видимой 40 % пустоты платформы ПС важно во время погрузки грузоотправителю не допустить его перегруза. Для перевозки комбикорма (II класс груза, плотность 500–800 кг/м³) тарным способом в мешках на поддонах необходимо подбирать такой подвижной состав, который обеспечивает определенное соотношение грузоподъемности и площади платформы. Оптимальным является тот ПС, который при максимальном использовании

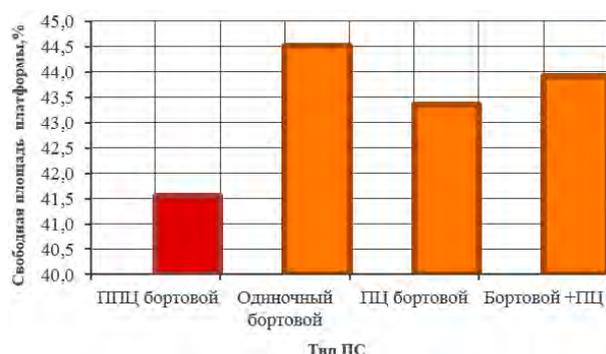


Рисунок 4 – Зависимость неиспользуемой площади платформы разных типов ТС при полной загрузке пакетами комбикорма (ППЦ – полуприцеп, ПЦ – прицеп)

Таблица 5 – Количество подвижного состава для перевозки пакетов с комбикормом

Тип и марка ТС	ППЦ СЗАП 9340	КАМАЗ-43118	ПЦ НЕФАЗ-8332	КАМАЗ-43118+ПЦ НЕФАЗ-8332
Количество поддонов на платформе, шт.	10	7	7	14
Количество ездов для перевозки всех поддонов, ед.	123	176	176	88

грузоподъемности имеет наименьшую неиспользуемую площадь платформы. Это позволяет обеспечить перевозку комбикорма с меньшими эксплуатационными затратами и снизить себестоимость перевозки. В таблице 5 показано возможное количество подвижного состава.

Заключение. Таким образом, оптимальный способ размещения поддонов на платформе ТС оказывает прямое воздействие на его производительность, себестоимость перевозки и минимальное количество ездов для перевозки заданной партии груза [3–8].

Наибольшая грузоподъемность, следовательно и наибольшая производительность, обеспечивается при использовании бортового автомобиля с прицепом, в результате обеспечивается

наименьшее количество ездов для перевозки всей партии комбикорма.

Проведенные исследования показали, что для фермерских хозяйств до 1200 голов КРС экономически целесообразно использовать тарный метод перевозки комбикорма, из которых наиболее оптимальными являются пакетные перевозки (мешки на поддоне).

Литература

1. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. М.: Горячая линия – Телеком, 2016. 560 с.
2. Куликов А.В. Грузовые перевозки: учеб. пособие по курсовому проектированию / А.В. Куликов. Волгоград: ВолгГТУ, 2019. 80 с.
3. Фирсова С.Ю. Технология выбора оптимального типа подвижного состава при перевозке плодовоовощной продукции от места сбора на перерабатывающее предприятие / С.Ю. Фирсова, А.В. Куликов, Б. Советбеков // Вестник КРСУ. 2014. Т. 14. № 12. С. 199–201.
4. Инновационные подходы к развитию предприятий, отраслей, комплексов: монография / И.Г. Фадеева, А.В. Куликов, И.С. Метелев, Ю.А. Нужнова, С.Ю. Фирсова; Проект SWorld. Одесса: Куприенко СВ, 2015. Кн. 1. 202 с.
5. Фирсова С.Ю. Снижение транспортных затрат за счёт выбора оптимального типа поддона при перевозке строительных грузов / С.Ю. Фирсова, А.В. Куликов // Известия ВолгГТУ. Серия “Наземные транспортные системы”. Волгоград: ВолгГТУ, 2013. Вып. 6. № 10 (113). С. 86–88.
6. Фирсова С.Ю. Повышение качества обслуживания клиентов при перевозке бутилированной воды для кулеров / С.Ю. Фирсова, Б.С. Советбеков, А.В. Куликов // Наука и новые технологии. Бишкек. 2014. № 4. С. 62–65.
7. Илесалиев Д.И. Увеличение массы партии грузов за счет рационального выбора транспортной тары / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского госуд. ун-та. 2018. № 1. С. 97–104.
8. Ilesaliev D. Research package efficiency general cargo / D. Ilesaliev, M. Avaz // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. Pp. 6880–6884.