

Расчет инфраструктурных параметров транспортной системы при обслуживании зерновых грузопотоков

А.В. ПЕТРИК

Рассмотрена эффективность управления процессом перемещения зерновых грузов от производителей продукции до потребителей на основе создания единого информационного пространства. Обоснована необходимость экономически выгодного функционирования логистических систем на основе взаимосогласованных параметров грузообразующих и грузопоглощающих массивов, а также инфраструктурного обеспечения транспортных организаций. По результатам выполненного исследования комплексно проанализирована возможность улучшения экономических показателей транспортной системы на примере обслуживания предприятий элеваторно-складского хозяйства. На примере перевозок зерновых грузов определено изменение общих логистических затрат для различного количества постов погрузки или разгрузки, а также рассчитана зависимость числового значения этого показателя как функция производительности погрузочных механизмов в системе с двумя узлами обслуживания.

Ключевые слова: экономические показатели, зерновые грузопотоки, транспортная система, инфраструктурное обеспечение.

The effectiveness of the management process of moving grain from producers to consumer through the creation of a single information space is examined. The need for cost-effective operation of logistics systems on the basis of mutually agreed parameters of freight traffic and cargo uptake arrays, as well as infrastructure to ensure the transport organizations is justified. On the results of the study the possibility of improving the economic performance of the transport system on the example of service enterprises Elevator-warehousing is comprehensively analyzed. On the example of transportation of grain cargoes the change in the total logistics costs for different amounts of posts loading or unloading is identified. The dependence of the numerical values of this indicator as a function of the productivity of the loading mechanisms in the system with two service nodes is calculated.

Keywords: economic indicators, grain cargo flows, transport, infrastructure provision.

Введение. В соответствии с современным состоянием отношений между субъектами хозяйственной деятельности важным фактором системного улучшения транспортного обслуживания агропромышленного комплекса является экономический анализ перевозочных процессов, который выполняется во взаимосвязи с соответствующими методами управления материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами. Основой такой стратегии должна стать система мер по обеспечению транспортной отрасли эффективным функционированием соответствующей инфраструктуры. Весомое народнохозяйственное значение организации указанных процессов объясняется широким спектром логистических операций по обслуживанию зерновых грузопотоков и достаточно большими объемами транспортных работ для обеспечения технологических, региональных и экспортных поставок. Повышение требований к надежности выполнения перевозок зерновой продукции и экономичности транспортного обслуживания создают сложные проблемы математического анализа эффективного использования имеющейся инфраструктуры в существующих производственных системах.

Постановка задачи. При условии стабильного наращивания достаточных для обеспечения внутренних потребностей и конкурентоспособных на мировом рынке объемов зерновой продукции необходимо с учетом существующих экономических отношений существенно повысить уровень транспортного обслуживания предприятий агропромышленного комплекса. Повышение конкурентоспособности логистических услуг связано, как правило, с усовершенствованием инфраструктуры транспортных систем, а значит, дополнительным привлечением капиталовложений [1], [2]. В существующей литературе встречается большое количество публикаций с противоречивыми выводами, где отдельно показаны пути улучшения экономичности транспортного обслуживания и усовершенствования существующей или формирования новой инфраструктуры для обслуживания зерновых грузопотоков [3], [4]. Однако до настоящего времени недостаточно разработана теория определения оптимальных показателей экономичности перевозок при взаимодействии отдельных субъектов хозяйственной деятельности

в транспортных системах [5], [6]. Такие обстоятельства существенно осложняют решение задач, связанных с особенностями транспортировки зерновых грузов, поскольку численное определение отдельных влияющих факторов является достаточно сложным [7], [8]. Кроме того, наличие значительного количества схем перевозки зерновых грузов требует типизации существующих транспортных процессов [9], [10]. А комплексное решение указанных задач предполагает детальный учет экономических отношений при обосновании организационных форм сотрудничества между хозяйственными и транспортными структурами [11].

Метод решения задачи. Инфраструктурное обеспечение перевозочного процесса играет важную роль в поддержании надлежащего функционирования транспортной системы по накоплению, хранению и перемещению объединенной партии зерновых грузов. Именно автотранспортными средствами проводится первичное накопление грузов на элеваторах и, кроме того, ими доставляется значительная часть урожая в складские помещения перерабатывающих предприятий из близлежащих регионов. Особое значение такие поставки приобретают в случае отсутствия свободных емкостей на предприятиях элеваторно-складского хозяйства и при недостаточных мощностях по разгрузке подвижного состава разных видов транспорта.

На основании теоретических исследований изменения логистических затрат, как следствие уровня инфраструктурного обеспечения, актуальной является разработка математических методов системного анализа воздействующих факторов для принятия согласованных управленческих решений. С учетом специфических условий формирования и перемещения объединенной зерновой партии, указанные модели могут быть применены для анализа перевозочных возможностей автотранспортных средств. Основным критерием экономичности выполнения автомобильных перевозок сформированной объединенной партии зерновых приняты общие логистические затраты B_3 обслуживания одной тонны груза. В указанных производственных структурах общий рост стоимости логистических операций в связи с увеличением непроизводительных расходов объясняется увеличением общего количества автотранспортных средств на маршрутной сети, а соответственно, и количества автомобилей в очереди к обслуживающим механизмам. В то же время при увеличении производительности постов обслуживания время простоя автомобилей в ожидании разгрузки уменьшается. Поэтому при неизменной численности дорожно-транспортных средств в системе возрастает количество свободных механизмов разгрузки, что также сказывается на увеличении численного значения общих логистических затрат B_3 .

Оптимизация технологических параметров транспортной инфраструктуры в агропромышленном производстве рассмотрена применительно к перевозкам зерновых грузов на предприятия элеваторно-складского хозяйства с использованием новых подходов к взаимодействию между субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому математический анализ изменения общих логистических затрат B_3 такой структуры выполнен на примере функционирования многоканальной динамической системы массового обслуживания с двумя узлами. Входным потоком λ_1 требований на первый узел является прибытие под загрузку порожних автомобилей. При этом интенсивность μ_1 обслуживания общего потока требований каждым механизмом определяется средним количеством загруженных автомобилей за единицу времени. Для второго узла входным потоком требований λ_2 служит прибытие для разгрузки автомобилей с зерновыми культурами. По аналогии с первым узлом интенсивность обслуживания потока требований μ_2 в противоположном пункте системы характеризуется средним количеством автомобилей, разгруженных за единицу времени. С учетом того, что такая транспортная система является замкнутой, числовые значения входных потоков λ_1 и λ_2 уравниваются, поэтому в дальнейших выкладках обозначены общей интенсивностью потока требований λ как величиной, обратно пропорциональной времени оборота автомобиля на маршруте, то есть $\lambda = f(\mu_1, \mu_2)$.

В указанной системе при обслуживании порожних автомобилей зернозагрузочными машинами и разгрузкой их на предприятиях элеваторно-складского хозяйства построение диаграммы интенсивности переходов основывается на том, что источником требований являются отдельные дорожно-транспортные средства. Поэтому состояния замкнутой системы S_k ($k = 0, 1, \dots, m_1, m_2, \dots, n$) будут связаны с числом k автомобилей, поочередно прибывающих для обслуживания. Переход системы из состояния S_k в состояние S_{k+1} обусловлен прибытием одного автомобиля к технологическим механизмам, а переход между состояниями S_k и S_{k-1}

происходит, когда обслуженный автомобиль начинает движение в пункт назначения. В таком случае наблюдается процесс с параметрами

$$\lambda_k = (n - k)\lambda, \quad 0 \leq k \leq m, \\ \mu_k = \begin{cases} k\mu & 0 \leq k \leq m; \\ m\mu & m + 1 \leq k \leq n \end{cases}, \quad (1)$$

где n – общее количество автомобилей в системе; m – количество обслуживающих механизмов.

Тогда, если для первого узла $k > m_1$, то состояние S_k означает, что m_1 автомобилей обслуживаются, а $k - m_1$ автомобилей находятся в очереди. Для второго узла диаграммы интенсивности переходов замкнутой системы массового обслуживания составляются с учетом количества m_2 постов разгрузки и интенсивности μ_2 обслуживания в нем. Таким образом, в указанной системе массового обслуживания предельные вероятности нахождения ее в k -тых состояниях решаются с применением системы уравнений

$$\begin{aligned} (k - k_1) \lambda + k_1 \mu_1 \bar{p}_{k_1} &= (k - k_1 + 1) \lambda p_{k_1-1} + (k_1 + 1) \mu_1 p_{k_1+1} & \text{при } 1 \leq k_1 \leq m_1; \\ (k - k_1) \lambda + m_1 \mu_1 \bar{p}_{k_1} &= (k - k_1 + 1) \lambda p_{k_1-1} + m_1 \mu_1 p_{k_1+1} & \text{при } m_1 + 1 \leq k_1 \leq n \\ (k - k_2) \lambda + k_2 \mu_2 \bar{p}_{k_2} &= (k - k_2 + 1) \lambda p_{k_2-1} + (k_2 + 1) \mu_2 p_{k_2+1} & \text{при } 1 \leq k_2 \leq m_2; \\ (k - k_2) \lambda + m_2 \mu_2 \bar{p}_{k_2} &= (k - k_2 + 1) \lambda p_{k_2-1} + m_2 \mu_2 p_{k_2+1} & \text{при } m_2 + 1 \leq k_2 \leq n \end{aligned} \quad (2)$$

Теоретической предпосылкой проведения соответствующих расчетов в таких математических моделях может быть обобщенная интенсивность поступления требований λ на обслуживание. Указанная величина описывается функцией $\lambda = f(l_m, \mu_1, \mu_2)$ длины маршрута l_m и интенсивности обслуживания автомобилей μ_1 и μ_2 в обоих узлах и определяется математической зависимостью

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{\mu_1} + \frac{l_m}{V_m} + \frac{1}{\mu_2}} \quad (3)$$

Анализ полученных результатов. В практической деятельности при использовании собственного парка автомобилей или при привлечении для накопления на зерновом терминале объединенной партии грузов автотранспортными средствами сторонних организаций приоритетным критерием определения комплекса стратегических решений являются минимальные общие логистические затраты B_3 всей совокупности транспортно-перегрузочных работ как функция общего количества подвижного состава в системе

$$B_3 = \frac{P_{k_1} S_{k_1}}{\mu_1 q} + S_m + \frac{1}{K_{z_1} \mu_1 q} (C_1 K_{n_1} + C_3 A_{n_1}) + \frac{P_{k_2} S_{k_2}}{\mu_2 q} + \frac{1}{K_{z_2} \mu_2 q} (C_2 K_{n_2} + C_3 A_{n_2}), \quad (4)$$

где P_{k_1} , P_{k_2} – часовая производительность соответственно постов погрузки и разгрузки зерновых грузов; S_{k_1} , S_{k_2} – себестоимость выполнения погрузочных и разгрузочных работ; K_{z_1} , K_{z_2} – количество занятых постов соответственно по погрузке и разгрузке автотранспортных средств; K_{n_1} , K_{n_2} – количество простаивающих постов по обслуживанию автомобилей соответственно в пунктах погрузки и разгрузки; A_{n_1} , A_{n_2} – среднее количество автомобилей в ожидании обслуживания соответственно у погрузочных и разгрузочных постов; C_1 , C_2 – часовая стоимость простоя механизмов обслуживания соответственно в пунктах погрузки и разгрузки; C_3 – стоимость простоя автотранспортных средств.

Предварительный анализ оптимального значения общих логистических затрат, рассчитанных по математической зависимости (4), свидетельствует о том, что величина показателя B_3 в значительной степени зависит как от количества механизмов обслуживания m_1 , m_2 , так и производительности P_{k_1} , P_{k_2} каждого из них. Результаты математического моделирования, проведенного при перевозке зерновых грузов автопоездами КамАЗ-53212 + ГКБ-83512 на расстояние $l_{z.e.} = 60$ км убедительно свидетельствуют о том, что минимальное значение общих логистических затрат B_3 достигается при условии синхронной работы обслуживающих механизмов на предприятиях отправки и приемки зерновых культур.

Особенностью функционирования транспортной системы с двумя узлами обслуживания является то, что с синхронным ростом производительности технологических механизмов P_{k1} , P_{k2} результирующая величина общих логистических затрат B_3 уменьшается. Указанная тенденция объясняется повышением пропускной способности транспортной системы и уменьшением времени простоя подвижного состава в пунктах обслуживания. Однако уменьшение производительности обслуживающих механизмов в одном из пунктов имеет значительно большее влияние на рост общих логистических затрат, чем аналогичное увеличение показателя P_k на уменьшение числового значения B_3 . Такая тенденция поведения оптимального значения расходов B_3 свидетельствует не столько о влиянии продолжительности простоев механизмов обслуживания, сколько об уменьшении интенсивности использования автотранспортных средств.

Достоверное и достаточно полное обобщение закономерностей обслуживания зерновых грузопотоков имеет большое значение при решении задач формирования рациональной инфраструктуры соответствующих транспортных систем. Формы и методы обслуживания различных грузопотоков определяются, в первую очередь, видами и объемами поставок. Однако современный научный подход к анализу перевозок зерновых грузов с учетом наличия конкурирующей среды требует дифференцированного учета требований каждого потребителя транспортных услуг. Поэтому производственные системы обслуживания предприятий агропромышленного комплекса должны совершенствоваться таким образом, чтобы соответствовать определенным общепринятым критериям качества, что означает: выполнять перевозки в фиксированные сроки; обеспечить определенный уровень надежности; быть экономически эффективными и конкурентоспособными.

Для таких перевозок характерными признаками являются неопределенность как во времени, так и в объемах доставки зерновых грузов за определенный период или территориально по месту его нахождения. Названные параметры могут быть непосредственно зависимыми от технологии выполнения погрузочно-разгрузочных операций и технического оснащения соответствующей элеваторной инфраструктурой и механизмами.

Известно, что перемещение зерновых грузов характеризуется широким спектром условий работы подвижного состава, когда под воздействием большого числа случайных факторов актуальным становится вопрос эффективного использования имеющейся инфраструктуры. Разработка методов усовершенствования таких транспортно-технологических процессов с учетом особенностей функционирования обслуживающих механизмов имеет большое значение из-за того, что объем таких грузов определяется миллионами тонн за сезон. Поэтому экономически очень важно уменьшить связанные с транспортировкой зерновых грузов затраты трудовых, материальных и энергетических ресурсов для снижения себестоимости конечной продукции.

Практическое использование результатов. Важным фактором уменьшения общих логистических затрат B_3 во время интенсивной перевозки зерновых является производственная структура транспортной системы, а ее влияние на численное значение B_3 характеризуется количеством постов обслуживания на предприятиях отгрузки и приемки зерновой продукции. Поэтому для случая перевозки зерновых культур автопоездами $q = 20$ т и производительности обслуживающих механизмов $P_{k1} = P_{k2} = 40$ т/ч было рассчитано числовое значение общих логистических затрат B_3 при условии изменения количества постов m_1 и m_2 обслуживания (таблица 1). Базовой величиной затрат B_3 было принято расчетное значение указанного показателя при условии минимального количества обслуживающих постов $m_1 = m_2 = 1$.

Таблица 1 – Уменьшение общих логистических затрат для перевозок зерновых грузов при условии изменения количества постов обслуживания

Расстояние перевозки, км	Базовое значение логистических затрат, грн/т	Количество погрузочно-разгрузочных механизмов в узлах обслуживания			
		$m_1 = m_2 = 2$	$m_1 = m_2 = 3$	$m_1 = m_2 = 4$	$m_1 = m_2 = 5$
40	313,95	11,74	16,61	19,42	21,25
45	324,41	11,96	16,93	19,76	21,62
50	332,67	12,15	17,20	20,05	22,04
55	341,42	12,42	17,67	20,54	22,55
60	350,30	12,75	18,05	21,05	23,07
65	358,73	12,89	18,15	21,20	23,25
70	368,78	13,07	18,36	21,43	23,49
75	376,35	13,30	18,73	21,81	23,92
80	385,49	13,64	19,15	22,25	24,35

Как свидетельствуют проведенные расчеты, синхронное увеличение количества постов обслуживания от $m_1 = m_2 = 1$ до $m_1 = m_2 = 5$ уменьшает общие логистические затраты B_3 от 6,8 % для расстояния перевозок зерновых грузов $l_{2.e} = 40$ км до 6,3 % – для $l_{2.e} = 80$ км. Сам процесс уменьшения затрат B_3 объясняется повышением интенсивности использования погрузочно-разгрузочных механизмов и автотранспортных средств. А относительное уменьшение величины B_3 с увеличением расстояния перевозок $l_{2.e}$ объясняется ростом влияния транспортной составляющей в общей сумме затрат.

Совершенствование составляющих компонентов транспортных систем агрокомплекса базируется на внедрении передовых технологий выращивания зерновых культур и проведения уборочно-транспортных работ, включая средства обработки и доставки сельскохозяйственных грузов. Определенный уровень производительности транспортных систем должен обеспечить условия для удовлетворения потребностей населения и промышленного производства в перевозках. Особую актуальность данное положение приобретает для страны с большим экспортным и транзитным потенциалом. Именно поэтому особое внимание в процессе функционирования транспортных систем уделяется усовершенствованию их материально-технической базы, а важным аспектом в такой постановке вопроса является создание соответствующей законодательной и нормативной базы и строгий контроль ее выполнения.

Успешное взаимодействие различных видов транспорта возможно лишь при условии наличия соответствующей информационной поддержки. При экспорте зерновых грузов многочисленные трейдеры, как правило, закупают продукцию небольшими объемами, отправляют их железнодорожными вагонами или автотранспортом на припортовые станции или в порты для накопления объединенной судовой партии. В результате таких действий грузопотоки формируются в большинстве случаев спонтанно и зависят от большого числа случайных факторов, а это, в свою очередь, вносит определенную хаотичность в работу транспортников. Однако частично избавиться от такого явления можно с помощью эффективного управления всем процессом перемещения зерновых, начиная от закупки продукции и заканчивая ее доставкой до потребителя, на основе создания единого информационного пространства. При такой организационной структуре возможности каждого из участников транспортной цепи принимать оптимальные решения в режиме реального времени должны быть значительно расширены. Первым шагом в этом направлении может быть взаимосогласованная и экономически выгодная работа как информационных систем грузообразующих и грузопоглощающих массивов, так и транспортных организаций.

Выводы. По результатам выполненного исследования комплексно проанализирована возможность улучшения экономических показателей транспортной системы при согласовании инфраструктурных параметров на примере обслуживания предприятий элеваторно-складского хозяйства. Для перевозок зерновых грузов определено изменение общих логистических затрат B_3 для разного количества постов обслуживания. Рассчитана зависимость числового значения показателя B_3 как функция производительности погрузочных механизмов в системе с двумя узлами обслуживания.

Литература

1. Полякова, И.С. Оптимизировать транспортно-логистический сервис / И.С. Полякова // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2007. – № 10. – С. 31–34.
2. Сомотов, К.Б. Автотранспортной логистике – системный поход / К.Б. Сомотов // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2007. – № 9. – С. 30–31.
3. Фасхиев, Х.А. Оценка эффективности грузового автотранспорта / Х.А. Фасхиев, А.В. Крахмалева, З.Ф. Шигапова // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2007. – № 6. – С. 23–31.
4. Миронюк, В.П. Оптимизация размещения транспортной и складской инфраструктур / В.П. Миронюк, Н.Н. Курочкин // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2006. – № 8. – С. 47–50.
5. Кравченко, А.В. Аналитическая работа морских портов в современных условиях / А.В. Кравченко // Судходство – 2007. – № 4 (129). – С. 44–45.

6. Кибик, О. Аналитическое обеспечение развития предприятия портовой деятельности / О. Кибик, А. Кравченко // Судоходство – 2007. – № 11 (135). – С. 48–49.
7. Фогель, Э. Порты и экспорт зерновых: проблемы и решения / Э Фогель // Судоходство – 2007. – № 6 (131). – С. 36–41.
8. Бот, М. Украинские порты в сети региональных логистических центров / М. Бот // Судоходство – 2007. – № 9 (133). – С. 48–49.
9. Войниченко, В. Зерно и порты Черноморья / В. Войниченко // Порты Украины – 2007. – № 3 (65). – С. 33–37.
10. Левицкий, И. Как улучшить координацию работы смежников / И. Левицкий // Порты Украины – 2006. – № 2 (58). – С. 28–30.
11. Феофилов, С. Черноморский регион: прогнозы урожая и экспорта / С. Феофилов // Порты Украины – 2006. – № 2 (58). – С. 32–34.

Национальный транспортный университет

Поступила в редакцию 10.03.2016

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ