

УДК 656.062

М. М. КОЛОС, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В ПОРТУ ПРИ ПЕРЕВАЛКЕ МАССОВОГО ГРУЗА

Рассмотрена технологическая модель взаимодействия железнодорожного и морского видов транспорта в порту перевалки, основанная на методике управления складскими запасами массовых навалочных грузов на примере калийных удобрений, учитывающая длительность технологических процессов их накопления для различных способов загрузки морских судов: «склад – судно» и «вагон – судно». Разработанная модель позволяет определить взаимоувязанные технико-эксплуатационные параметры видов транспорта не только в порту перевалки, но и на протяжении всего маршрута доставки массовых экспортных грузов.

Введение. Подавляющая часть – более 80 % экспортно-импортных перевозок в мировом товарообороте обеспечивается средствами морского транспорта [1], поэтому вопросам организации и совершенствования мультимодальных перевозок с участием железнодорожного и морского видов транспорта, их взаимодействию, функционированию транспортных узлов, улучшению системы планирования и оперативного управления всегда уделялось пристальное внимание.

Методологическую и теоретическую основу в области взаимодействия различных видов транспорта в транспортных узлах и пунктах перевалки составили труды Воеводского Е. Н., Комарова А. В., Негрея В. Я., Персианова В. А., Постава М. Я., Правдина Н. В., Резеца С. М. и других ученых [2–7].

Упразднение системы централизованного планирования, снабжения и сбыта, разделение технических средств единой транспортной системы между постсоветскими государствами, включение в цепь товародвижения многочисленных посредников, расширение географии поставок привели к необходимости рассмотрения систем доставки с позиций логистики.

Появилась необходимость учета более глубокого взаимодействия производственных, транспортных и сбытовых процессов, увязки информационных, документальных, транспортных и материальных потоков. Железнодорожная перевозка, как и любая перевозка вообще, стала пониматься не как обособленный процесс, а как часть, звено системы доставки, интегрирующей добычу сырья, производство полуфабрикатов, конечной продукции и доставку ее потребителю.

Новый виток в изучении и формализации происходящих процессов в пунктах взаимодействия различных видов транспорта с позиций логистики наблюдается в настоящее время, что нашло отражение в трудах Елового И. А., Котляренко А. Ф., Куренкова П. В., Николашина В. М., Смехова А. А. и других ученых [8–11].

Применение принципов логистики в научных и исследовательских работах последних лет позволяет комплексно подойти к оценке эффективности функционирования отдельного вида транспорта или их сочетаний, найти более приемлемые варианты взаимодействия транспорта и грузоотправителей, грузополучателей. Тем не менее, за рамками рассмотрения остается видение проблем формирования систем доставки с точки зрения наиболее заинтересованной стороны – грузовладельца, использующего рыночные критерии эффективности, во многом ограничивающие системы доставки.

Практический опыт организации доставки внешнеторговых грузов. Опыт внешнеторговых объединений СССР являлся примером концентрации и централизации усилий, связанных с построением схем доставки экспортно-импортных грузов. Транспортная технология внешнеторговых объединений предусматривала концентрацию всего процесса от заказа товара, организации его транспортировки до расчетов с покупателем и поставщиком в одном внешнеторговом объединении.

Транспортное управление Министерства внешней торговли, Главфлот Министерства морского флота и Всесоюзное объединение «Совфрахт» определяли в 50–60-х годах XX века главные параметры внешнеторгового грузооборота. Была внедрена прогрессивная форма линейного судоходства взамен рейсового на важнейших направлениях перевозок экспортно-импортных грузов, что обеспечивало устойчивость, регулярность работы, своевременность доставки грузов, и за счет этого – минимизацию запасов [12].

Наибольшие успехи в практике организации взаимоувязанной работы смежных видов транспорта в транспортных узлах были достигнуты в 80-х – начале 90-х годов XX века.

Важнейшим этапом развития систем доставки грузов стала работа смежных видов транспорта на основе непрерывных планов-графиков работы транспортного узла (НПГРТУ), впервые примененные в Ленинградском морском торговом порту в 1976 году [13]. НПГРТУ предусматривал координированную подачу судов, вагонов и автомобилей, уменьшение простоев подвижного состава всех видов транспорта, сокращение времени обработки груза и повышение его сохранности. Работа по такой технологии реализовывалась на основе информации о движении судов, вагонов и автомобилей, рационального планирования их подвода в порт, установления заданий для каждого смежного предприятия транспортного узла и постоянного анализа их выполнения.

В рамках работы по НПГРТУ получили свое развитие новые практические приемы в организации и координации работы систем доставки грузов:

- координационные группы, объединявшие морские порты, припортовые железнодорожные станции, автотранспортные управления, осуществляли разработку мероприятий по совершенствованию работы и оперативное планирование;

- на ряде железнодорожных станций использовалась

единая технология работы по контактными графикам подвода поездов и судов, предусматривавшая жестко установленные сроки следования маршрутов от станций погрузки до порта перевалки;

- прямые договоры портов и крупных промышленных предприятий предусматривали сбалансированную отгрузку продукции и кратчайшее время ее перевалки на борт судна;

- работа по календарным планам-графикам погрузки и перевалки продукции, действовавшим между пароходствами и железными дорогами, позволяла сократить срок оборота вагонов при перевозке массовых грузов.

Применение рассмотренных выше приемов и методов на практике позволяет судить о том, что задолго до широкого употребления термина «логистика» на постсоветском пространстве, ее основные принципы с успехом находили применение в организации доставки грузов с перевалкой в морских портах.

Системы доставки внешнеторговых грузов, действовавшие в бывшем СССР, являлись образцом централизации и показывали высокую степень эффективности, однако они могли иметь место только в государстве со строгой плановой системой производства и потребления.

Необходимость учета новых факторов при разработке модели взаимодействия видов транспорта в порту перевалки. Несмотря на большое количество публикаций как по теории, так и по практике функционирования транспортных систем, эти работы не отражают ряд обстоятельств, связанных с организацией системы доставки массовых экспортных грузов:

- критерий эффективности систем доставки обычно ограничивается оценкой расходов, связанных с работой одного или нескольких видов транспорта, при этом упускается из вида, что сама доставка является неотъемлемой частью более широкого процесса, происходящего в рамках внешнеторгового контракта, что влечет дополнительные ограничения;

- при оценке издержек обычно не учитывается влияние возникающих неустоек и компенсаций, связанных с функционированием системы доставки, например неустойка за просрочку в погрузке судна (демередж) или премия за его досрочную погрузку (диспач);

- не учитывается, что наиболее заинтересованной стороной в формировании и функционировании эффективной и надежной системы доставки является отправитель, имеющий наименьшее влияние на параметры работы транспортных, стивидорных, экспедиторских и других предприятий, включенных в цепочку доставки с целью оптимизации всей системы доставки в целом.

В работах [14–16] достаточно детально рассматривается применение комплексного критерия эффективности системы доставки массовых экспортных грузов, учитывающего взаимосвязь товарного рынка с рынком транспортных услуг и позволяющего, в отличие от ранее известных критериев, системно оценивать эффективность работы транспорта в глобальных процессах товародвижения.

Актуальной является разработка такой модели взаимодействия видов транспорта в порту перевалки, которая бы учитывала технологические особенности перевозки и перевалки массовых грузов, обеспечивала минимизацию издержек при мультимодальных пере-

возках, позволяла определить технико-эксплуатационные параметры взаимодействующих видов транспорта и портового терминала на маршруте доставки.

Модель взаимодействия видов транспорта в порту перевалки. Кроме базовых издержек в порту отправления, которые компенсируются тарифами и сборами, известными заранее, существуют дополнительные издержки и компенсации, которые формируются как результат фактического выполнения или невыполнения принятых обязательств по обеспечению перевалки груза. Как правило, показателем эффективности перевалки является значение простоя вагонов на подъездном пути и/или судов под погрузкой (разгрузкой).

Обеспечить учет этих фактических издержек на предварительной стадии, в отличие от базовых издержек, чрезвычайно затруднительно. Однако при правильной оценке факторов или их сочетаний, ведущих к сверхнормативному простоям транспортных средств, можно организовать взаимодействие видов транспорта таким образом, чтобы минимизировать вероятность наличия неустоек.

Для комплексной оценки факторов, оказывающих влияние на издержки в порту перевалки продукции, необходимо детально рассмотреть взаимодействие видов транспорта в порту при перевалке массовых грузов.

На рисунке 1 приведена модель изменения запаса продукции в порту отправления.

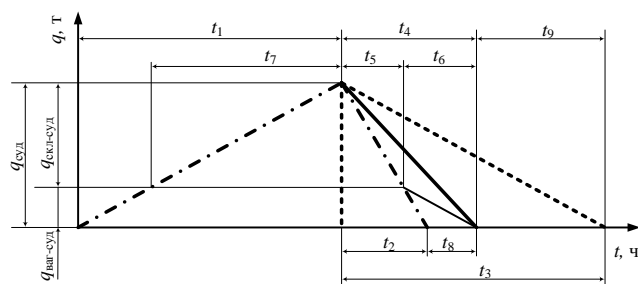


Рисунок 1 – Графическое отображение модели изменения запасов в порту перевалки продукции

В приведенной модели можно выделить два «крайних» варианта: первый, обозначенный штрихпунктирной линией, подразумевает накопление на складе партии груза, соответствующей судовой отправке $q_{\text{суд}}$ в течение времени t_1 с интенсивностью $\lambda^{\text{ваг-скл}}$. Погрузка на судно производится в течение времени t_2 с интенсивностью $\lambda^{\text{скл-суд}}$.

Второй вариант, обозначенный пунктирной линией, подразумевает отсутствие склада для накопления груза в порту, поэтому в момент поступления судна начинается его погрузка с интенсивностью $\lambda^{\text{ваг-суд}}$, которая продолжается в течение времени t_3 .

В большинстве случаев интенсивность погрузки груза по варианту «вагон – судно» определяется не мощностью пунктов выгрузки вагонов, а резервами пропускной и перерабатывающей способности станции примыкания, подъездного пути, железнодорожной инфраструктуры самого порта и перегрузочного терминала, организацией работы на рассматриваемом направ-

лении, количеством задействованных на направлении вагонов, поэтому можно принимать, что интенсивность перевалки по варианту «вагон – склад» равна интенсивности перевалки по варианту «вагон – судно».

Необходимо учитывать, что в каждом порту существуют нормы погрузки (H), которые связаны с интенсивностью следующим соотношением:

$$\lambda_{\text{ваг-суд}} < H < \lambda_{\text{скл-суд}}. \quad (1)$$

На рисунке 1 сплошной линией обозначена погрузка судна в течение времени t_4 с интенсивностью, соответствующей установленной норме для рассматриваемого грузопотока и типа судна $\lambda = H$. При такой обработке судна возможны следующие комбинации погрузки: по варианту «склад – судно» осуществляется погрузка груза в объеме $q_{\text{скл-суд}}$ в течение времени t_5 с интенсивностью $\lambda_{\text{скл-суд}}$; по варианту «вагон – судно» в объеме $q_{\text{ваг-суд}}$ в течение времени t_6 с интенсивностью $\lambda_{\text{ваг-суд}}$. Продолжительность накопления груза на складе по сравнению с первым вариантом сокращается со значения t_1 до значения t_7 . При досрочной погрузке судна судовладелец выплачивает премию – диспач за экономленное время t_8 . В обратном случае он взыскивает штраф – демерредж за время задержки погрузки t_9 сверх нормативного времени.

Разработанная модель позволяет оценить издержки, связанные со взаимодействием видов транспорта в порту перевалки.

Издержки, связанные с хранением груза на складе, ден. ед./т,

$$E_{\text{хр}}^{\text{нак}} = t_{\text{хр}}^{\text{нак}} e_{\text{хр}} = t_7 e_{\text{хр}} = \frac{(1-\alpha)q_{\text{суд}}}{\lambda_{\text{ваг-скл}}} e_{\text{хр}}, \quad (2)$$

$$E_{\text{хр}}^{\text{погр}} = t_{\text{хр}}^{\text{погр}} e_{\text{хр}} = t_5 e_{\text{хр}} = \frac{(1-\alpha)q_{\text{суд}}}{\lambda_{\text{скл-суд}}} e_{\text{хр}}, \quad (3)$$

где $E_{\text{хр}}^{\text{нак}}$, $E_{\text{хр}}^{\text{погр}}$ – издержки, связанные с хранением груза на складе соответственно при накоплении груза на складе и в процессе погрузки на судно, ден.ед./т; $t_{\text{хр}}^{\text{нак}}$, $t_{\text{хр}}^{\text{погр}}$ – продолжительность хранения груза на складе соответственно в процессе накопления и погрузки, сут; α – доля перевалки груза по варианту «вагон – судно»; $q_{\text{суд}}$ – грузоподъемность судна, т; $e_{\text{хр}}$ – стоимость хранения груза на складе, ден. ед./т-сут.

Интенсивность перевалки в порту по варианту «вагон – склад» определяется:

1) по условию пропускной способности железнодорожного фронта в порту

$$\lambda_{\text{ваг-скл}} = 24 \frac{k_{\text{лок}}(1-k_{\text{вр}})}{\left(k_{\text{нер}} \frac{m_{\text{п-у}} P_{\text{ст}}}{W_{\text{выгр}}} + t_{\text{м}} \right)} m_{\text{п-у}} P_{\text{ст}} k_{\text{мет}}; \quad (4)$$

2) по условию срока оборота вагонов и наличного вагонного парка

$$\lambda_{\text{ваг}} = \frac{NP_{\text{ст}}}{\Theta}, \quad (5)$$

где $m_{\text{п-у}}$ – количество вагонов в одной подаче-уборке, ваг.; $t_{\text{м}}$ – время, затрачиваемое на маневровые работы с одной подачей вагонов на грузовой фронт, ч; $k_{\text{лок}}$, $k_{\text{вр}}$, $k_{\text{мет}}$, $k_{\text{нер}}$ – коэффициенты, соответственно учитывающие: свободу локомотива, враждебность маневровых маршрутов, перерывы по метеоусловиям, неравномерность выгрузки вагонов; $W_{\text{выгр}}$ – суммарная среднечасовая производительность вагоно-выгрузочного оборудования, т/ч; N – рабочий парк, ваг.; $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка вагона, т/ваг.; Θ – оборот вагона на направлении, сут.

Интенсивность перевалки по варианту «склад – судно» определяется по формуле:

$$\lambda_{\text{скл-суд}} = \frac{k_{\text{мет}}(24-T_{\text{пост}})\alpha_0 q_{\text{суд}}}{\left(\frac{\alpha_0 q_{\text{суд}}}{W_{\text{погр}}} + t_{\text{вс}} \right)}, \quad (6)$$

где α_0 – коэффициент обработки судна, при загрузке судна полностью на одном причале $\alpha_0 = 1$; $T_{\text{пост}}$ – время на постоянные операции, выполняемые на терминале (зачистка перед погрузкой другого груза, профилактика оборудования и др.); $W_{\text{погр}}$ – суммарная среднечасовая производительность судо-погрузочного оборудования, т/ч; $t_{\text{вс}}$ – время вспомогательных операций по обработке судна, ч.

Интенсивность перевалки по прямому варианту «вагон – судно» обусловлена минимальным значением из трех вышеприведенных:

$$\lambda_{\text{ваг-суд}} = \min(\lambda_{\text{ваг-скл}}, \lambda_{\text{ваг-скл}}, \lambda_{\text{скл-суд}}). \quad (7)$$

Издержки, связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных работ, ден. ед./т,

$$E_{\text{прр}} = (2-\alpha)e_{\text{прр}}, \quad (8)$$

где $e_{\text{прр}}$ – ставка платы за выполнение погрузочно-разгрузочных работ, ден. ед./т.

Издержки, связанные с простоем судна (демерредж), ден. ед./т,

$$E_{\text{дмр}} = t_{\text{дмр}} \frac{e_{\text{дмр}}}{q_{\text{суд}}} = (t_5 + t_6 - t_4) \frac{e_{\text{дмр}}}{q_{\text{суд}}} = \left(\frac{(1-\alpha)}{\lambda_{\text{скл-суд}}} + \frac{\alpha}{\lambda_{\text{ваг-скл}}} - \frac{1}{\beta \lambda_{\text{скл-суд}}} \right) e_{\text{дмр}} \text{ при } t_{\text{дмр}} > 0, \quad (9)$$

где $t_{\text{дмр}}$ – продолжительность сверхнормативного простоя судна, сут; $e_{\text{дмр}}$ – ставка неустойки (демерреджа) за сверхнормативный простой судна под погрузкой, ден. ед./сут; β – коэффициент, учитывающий отношение нормы погрузки к интенсивности перевалки по варианту «склад – судно», $\beta = H/\lambda_{\text{скл-суд}}$.

Компенсация, связанная с досрочной погрузкой судна (диспач), ден. ед./т,

$$E_{\text{дспч}} = t_{\text{дспч}} \frac{e_{\text{дспч}}}{q_{\text{суд}}} = (t_4 - t_5 - t_6) \frac{e_{\text{дспч}}}{q_{\text{суд}}} = \left(\frac{1}{\beta \lambda_{\text{скл-суд}}} - \frac{(1-\alpha)}{\lambda_{\text{скл-суд}}} - \frac{\alpha}{\lambda_{\text{ваг-скл}}} \right) e_{\text{дспч}} \quad \text{при } t_{\text{дспч}} > 0, \quad (10)$$

где $t_{\text{дспч}}$ – продолжительность сэкономленного времени при погрузке судна, сут; $e_{\text{дспч}}$ – ставка премии (диспача) за сэкономленное время простоя под погрузкой, ден. ед./сут.

Издержки, связанные с обеспечением наличия вагонов для доставки груза в порт перевалки, ден. ед./т,

$$E_{\text{ваг}} = \frac{t_{\text{ваг}} N}{q_{\text{суд}}} e_{\text{ваг}}, \quad (11)$$

где $t_{\text{ваг}}$ – продолжительность пользования вагонным парком, состоящая из продолжительностей накопления груза на складе до подхода судна, перевалки по варианту «склад – судно» и «вагон – судно», сут; $e_{\text{ваг}}$ – ставка платы за использование вагона, ден. ед./ваг-сут,

$$t_{\text{ваг}} = \frac{(1-\alpha)q_{\text{суд}}}{\lambda_{\text{ваг-скл}}} + \frac{(1-\alpha)q_{\text{суд}}}{\lambda_{\text{скл-суд}}} + \frac{\alpha q_{\text{суд}}}{\lambda_{\text{ваг-суд}}}. \quad (12)$$

Приведенные выше формулы свидетельствуют, что величина дополнительных издержек и компенсаций формируется в зависимости от соблюдения технологии взаимодействия видов транспорта в порту перевалки. Это позволяет найти параметры, позволяющие избежать неустоек, а при выполнении ряда дополнительных условий даже получить компенсацию за досрочную погрузку судна.

Выводы. Для описания процессов взаимодействия видов транспорта в порту перевалки, разработана модель, учитывающая, по сравнению с классическими моделями теории запасов, особенности поступления продукции на склад, которые являются длительными по времени, а не одномоментными.

Разработанная модель взаимодействия железнодорожного и морского транспорта учитывает технологические особенности перевозки и перевалки массовых грузов, что обеспечивает минимизацию издержек при мультимодальных перевозках. Применение данной модели позволяет определить важнейшие технические и эксплуатационные параметры всего маршрута доставки массового экспортного груза от железнодорожной станции отправления до порта в регионе потребления: размер склада в порту перевалки; грузоподъемность судна; доля переработки по варианту «вагон – судно»; необходимый срок оборота вагонов, их потребное количество и др.

Предложенная технологическая модель позволяет синхронизировать работу видов транспорта в порту пе-

ревалки и упрощает процедуру принятия решения по направлению грузопотока в порт в оперативном режиме.

Список литературы

- 1 **Забелин, В. Г.** Фрахтовые операции во внешней торговле : учеб. пособие / В. Г. Забелин. – М. : РосКонсульт, 2000. – 256 с.
- 2 **Воеводский, Е. Н.** Стохастические модели в проектировании и управлении деятельностью портов / Е. Н. Воеводский, М. Я. Постан. – М. : Транспорт, 1987. – 318 с.
- 3 Проблемы развития транспорта СССР. Комплексная эксплуатация / А. В. Комаров [и др.] ; под ред. С. С. Ушакова и В. С. Кравченко. – М. : Транспорт, 1983. – 229 с.
- 4 **Правдин, Н. В.** Взаимодействие различных видов транспорта: Примеры и расчеты / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.
- 5 **Персианов, В. А.** Моделирование транспортных систем / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков. – М. : Транспорт, 1972. – 208 с.
- 6 **Персианов, В. А.** Смешанные железнодорожно-водные перевозки. Экономика, планирование, управление / В. А. Персианов, С. В. Милославская. – М. : Транспорт, 1988. – 232 с.
- 7 **Резер, С. М.** Комплексное управление перевозочным процессом в транспортных узлах / С. М. Резер. – М. : Транспорт, 1982. – 160 с.
- 8 **Смехов, А. А.** Введение в логистику / А. А. Смехов – М. : Транспорт, 1993. – 112 с.
- 9 Логистические транспортно-грузовые системы : учеб. / В. И. Апатцев [и др.] ; под ред. В. М. Николашина. – М. : Академия, 2003. – 304 с.
- 10 **Еловой, И. А.** Эффективность логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчетов). Ч. 1, 2 / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 536 с.
- 11 **Куренков, П. В.** Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление / П. В. Куренков, А. Ф. Котляренко. – Самара : СамГАПС, 2002. – 636 с.
- 12 **Плужников, К. И.** Транспортное экспедирование : учеб. / К. И. Плужников. – М. : Рос-Консульт, 1999. – 576 с.
- 13 **Щенников, Л. Н.** Управление перевозочным процессом в транспортных узлах / Л. Н. Щенников // Взаимодействие различных видов транспорта и контейнерные перевозки: Итоги науки и техники / ВИНТИ. – 1989. – Т. 14. – С. 3–193.
- 14 **Колос, М. М.** Управление потоками в логистической системе доставки минеральных удобрений / М. М. Колос // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2007. – № 1–2 (14–15). – С. 74–77.
- 15 **Колос, М. М.** Формирование логистической системы доставки минеральных удобрений / М. М. Колос // Вестник транспорта. – 2007. – № 8. – С. 26–30.
- 16 **Колос, М. М.** Оценка эффективности транспортно-технологических систем при экспорте продукции производственного объединения «Беларуськалий» / М. М. Колос // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2005. – № 1(10). – С. 65–69.

Получено 07.04.2014

M. M. Kolos. Process model of different transport interaction in seaport during bulk handling.

Considered technological model between rail and marine modes of transport in the port of transshipment, based on the method of inventory management for mass bulk cargoes, takes into account the duration of the process of accumulation for different ways to ships loading: "warehouse-ship" and "wagon-ship". The model developed to determine the interrelated technical and operational parameters of transport not only in transshipment port, but also throughout the entire delivery route for mass export cargo.