

УДК 656:615.078.111/178

А.О. Мурадян

АНАЛИЗ ЕМКОСТИ СКЛАДА ПЕРЕВАЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА

В статье рассмотрены процессы взаимодействия морского и железнодорожного транспорта в припортовых транспортных узлах. Также проведен анализ работы перевалочного комплекса. Рассмотрена вероятностная модель работы склада перевалочного комплекса, которая состоит из последовательных периодов определенной продолжительности каждый.

Ключевые слова: транспортный узел, морской транспорт, железнодорожный транспорт, коэффициент использования тылового грузового фронта, коэффициент использования кордонного грузового фронта, емкость, грузопоток.

У статті розглянуто процеси взаємодії морського й залізничного транспорту в припортових транспортних вузлах. Також проведено аналіз роботи перевалочного комплексу. Розглянуто імовірнісну модель роботи складу перевалочного комплексу, що складається з послідовних періодів певної тривалості кожен.

Ключові слова: транспортний вузол, морський транспорт, залізничний транспорт, коефіцієнт використання тылового вантажного фронту, коефіцієнт використання кордонного вантажного фронту, ємність, вантажопотік.

In the article the processes of co-operation of marine and railway transport are considered in port transport knots. the analysis of work of transshipment complex is also conducted. The probabilistic model of work of storage, which goes from the succes-sive periods of certain duration each, is considered.

Keywords: transport knot, marine transport, railway transport, coefficient of the use of rearward freight front, coefficient of the use of cordon freight front, capacity, traffic

Введение. Проблема взаимодействия железнодорожного и морского транспорта имеет важное теоретическое и практическое значение. Теоретическое – так как требует разработки принципов и моделей согласованного развития инфраструктуры и взаимосвязанной технологии, а также моделей управления потоками соответствующих ритмам грузовых работ [8-10]. Практическое – это важно не только для припортовых транспортных узлов, но и для экономически взаимодействующих больших предприятий.

© Мурадян А.О., 2013

Пункт перевалки грузов – это лишь отдельный и достаточно важный элемент. Учитывая то, что конечные элементы (пункты отправления, система организации движения на железнодорожном транспорте и водном транспорте) не охватываются согласованной технологией, довольно часто возникают ситуации, при которых порт вынужден испытывать на себе бремя такого несогласования. Железнодорожные вагоны и суда прибывают с отклонениями от графика, порожнего подвижного состава, как правило, не хватает, склады переполняются, все это ведет к значительным простоям железнодорожных вагонов и судов.

Так как порт не может оперативно руководить общим процессом организации движения, то и его деятельность не может повлиять на организацию перевозочного процесса на подходах к нему, не говоря уже о транспортировке на всем пути следования. Порту остается лишь обрабатывать тот грузопоток, который приходит в его адрес на железнодорожном и водном транспорте, а прибывает он временами без каких-нибудь признаков по которым можно отличить организованный грузопоток от неорганизованного. Учитывая это, часто происходит нарушение предусмотренных технологических норм работы железнодорожных станций и портов. Таким образом необходимо связать работу железнодорожного и водного транспорта в крупных транспортных узлах. И довольно важное значение в этом вопросе играет эффективное использование складских емкостей, поскольку составы представляют собой «буферы», способные сгладить несоответствие ритмов подхода и отгрузки железнодорожного и морского транспорта в узле [1-7].

Постановка задания. Независимо от вместимости складов возможности складов перевалочного комплекса по приему грузов от железной дороги и передаче их на морской флот лимитированы суточной пропускной способностью P_T тылового и P_K кордонного грузовых фронтов. Поэтому, независимо от количества и типов прибывающих, находящихся под обработкой и ожидающих ее морских судов и железнодорожных составов, количество грузов принимаемых на склады или выдаваемых со складов перевалочного комплекса не может быть более, чем соответствующее значение их пропускных способностей. Следовательно, колебания ежесуточно поступающего и отгружаемого со склада перевалочного комплекса груза ограничено пропускной способностью его тылового P_T или кордонного P_K фронтов.

Величина этих колебаний определяется уровнем использования пропускной способности соответствующего грузового фронта, определяемого коэффициентами $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$. Однако коэффициенты $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$ определяют лишь уровень использования соответствующих производственных мощностей грузовых фронтов и не могут дать описания внутреннего процесса, происходящего на складе.

Для моделирования работы этой системы рассмотрим поступления и отправления грузов со складов перевалочного комплекса партиями, равными суточной пропускной способности соответствующего грузового фронта P_T и P_K .

Так как $K_{и} < 1$, то поступление и отправление указанных грузовых партий не может быть осуществлен ежесуточно достаточно длительный период времени. При этом очевидно, что каждые очередные сутки характеризуются переработкой или не завершением переработки очередной партии P_T либо P_K .

Если рассматривается период времен T , количество суток, в течение которых процесс поступления условных партий груза будет завершённым – t , то их соотношение зависит от производственной мощности грузовых фронтов, то есть от значений коэффициентов $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$. Следовательно, как и в работе [13], для кордонного грузового фронта

$$\frac{t}{T} \cong k_u^k \quad (1)$$

для тылового грузового фронта

$$\frac{t}{T} \cong k_u^m \quad (2)$$

Рассмотрим вероятностную модель работы склада перевалочного комплекса, состоящую из l последовательных периодов продолжительностью n суток каждый. Тогда изменение в отправляемых (прибывающих) партиях грузов вызывает изменения в количестве условных партий груза, поступающих на склад либо выдаваемых со склада в каждом из l периодов в диапазоне от нуля до n . Причем для всего интервала времени испытания существует равная $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$ вероятность того, что партия поступит (будет отправлена). И соответственно равная $(1 - K_{и}^T)$ либо $(1 - K_{и}^K)$ вероятность того, что партия груза не поступит (не будет отправлена).

Упомянутая модель соответствует вероятностной схеме Бернулли, следовательно вероятность $P_{n,m}$ случайного события, заключающегося в том, что в течение n суток на склады перевалочного комплекса поступает ровно m условных партий груза где $p = k_u$, $q = (1 - k_u)$. Применительно к кордонному фронту используется $K_{и}^K$, в случае тылового – $K_{и}^T$. Между величинами коэффициентов использования $K_{и}^T$ тылового и $K_{и}^K$ кордонного грузового фронтов и значениями пропускных способностей P_T и P_K существует следующая связь:

$$P_k / P_m = k_u^m / k_u^k \quad \text{либо} \quad P_k k_u^k = P_m k_u^m = q \quad (3)$$

Эти соотношения позволяют использовать для характеристики прохождения груза через фронты перевалочного комплекса не только соответствующие значения условных грузовых партий, но и какое-либо одно из них.

Рассмотрим исходящий на море грузопоток, перерабатываемый перевалочным комплексом с вместимостью складов V начальной емкостью V_0 . Максимальная вероятность наполнения свободной емкости перевалочного комплекса $V-V_0$ за рассматриваемый период T_B грузопотоком мощностью P_m будет достигаться в случае когда прибытие наибольшее и в то же самое время отгрузка минимальная. Вероятность каждого из описанных событий определяется из соотношения Бернулли, а вероятность того и другого события одновременно равна их произведению. В данном случае уместно рассматривать n и m , как действительные числа, характеризующих временные отрезки.

(M) – первое событие соответствует ежедневному прибытию на склад перевалочного комплекса партии груза, равных P_T . В этом случае $n = T_B$, $m = T_B$.

$$P(M) = \frac{T_\epsilon!}{T_\epsilon!(T_\epsilon - T_\epsilon)!} (k_u^m)^{T_\epsilon} (1 - k_u^m)^{(T_\epsilon - T_\epsilon)} = (k_u^m)^{T_\epsilon} \quad (4)$$

(N) – второе событие соответствует ежедневным отгрузкам нулевых партий груза через кордонный фронт, что соответствует $m = 0$.

Необходимый интервал времени, соответствующий работе кордонного грузового фронта для переработки грузопотока, равного P_m будет определяться так:

$$n = T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k} \quad (5)$$

тогда

$$P(N) = \frac{\left[T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k} \right]!}{0! \left[T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k} - 0 \right]!} (k_u^k)^0 (1 - k_u^k)^{T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k}} = (1 - k_u^k)^{T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k}} \quad (6)$$

Следовательно

$$P(MN) = P(M)P(N) = (k_u^m)^{T_\epsilon} (1 - k_u^k)^{T_\epsilon \binom{k_u^m}{k_u^k}} \quad (7)$$

$$T_0 = \frac{\lg[P(MN)]}{\lg \left[\begin{matrix} k_u^m \\ k_u^k \\ (k_u^m)(1-k_u^k) \end{matrix} \right]}; iV - V_0 = T_0$$

и

$$P_m = \frac{P_m \lg[P(MN)]}{\lg \left[\begin{matrix} k_u^m \\ k_u^k \\ (k_u^m)(1-k_u^k) \end{matrix} \right]} \quad (8)$$

Наибольшая вероятность полной разгрузки склада перевалочного комплекса, имеющего переходящий остаток V_0 достигается при максимальной отгрузке на морской флот и минимальном поступлении грузов по железной дороге за период работы T_u .

Максимальная загрузка кордонного фронта достигается при следующих параметрах:

$$n = T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right), \quad m = T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right) \quad (9)$$

$$P(L) = \frac{T_u! \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)!}{T_u! \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)! (T_u - T_u)!} \left(k_u^k \right)^{T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} (1 - k_u^k)^{\left(T_u - T_u \right) \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} = \left(k_u^k \right)^{T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} \quad (10)$$

Вероятность события минимального поступления груза на тыловой фронт перевалочного комплекса определяется при $n = T_u, m = 0$

$$P(K) = \frac{T_u!}{0! T_u!} \left(k_u^m \right)^0 (1 - k_u^m)^{T_u - 0} = (1 - k_u^m)^{T_u} \quad (11)$$

$$P(LK) = P(L)P(K) = \left(k_u^k \right)^{T_u \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} (1 - k_u^m)^{T_u} \quad (12)$$

$$T_u = \frac{\lg[P(LK)]}{\lg[(k_u^k)^{\left(\frac{k_u^m}{k_u^k}\right)} (1 - k_u^m)]} \quad (13)$$

$$V_0 = P_k T_u = \frac{P_m k_u^m \lg P(LK)}{k_u^k \lg[(k_u^k)^{\left(\frac{k_u^m}{k_u^k}\right)} (1 - k_u^m)]} \quad (14)$$

При $P(MN) = F_1 P(LK) = A$ получим выражения для вместимости склада перевалочного комплекса

$$V = P_m \lg A \left\{ \frac{1}{\lg[K_u^m (1 - k_u^k)^{\frac{k_u^m}{k_u^k}}]} + \frac{k_u^m F_1}{k_u^k F_1 \lg[(k_u^k)^{\frac{k_u^m}{k_u^k}} (1 - k_u^m)]} \right\} \quad (15)$$

где F_1 – коэффициент неравномерности использования складских фронтов перевалочного комплекса.

Анализ соотношения (11-13) показывает, что при сделанных допущениях вместимость складов перевалочного комплекса является функцией величины проходящего через него грузопотока, а так же зависит от пропускных способностей грузовых фронтов и их соотношений.

Кроме того, значение F зависит от величины надежности функционирования склада перевалочного комплекса. Вместимость склада перевалочного комплекса должна полностью соответствовать пропускной способности грузовых фронтов. Невыполнение этого требования может приводить к диспропорции между возможностями технических средств технологического комплекса по выполнению основных операций перевалки грузов (выгрузка-хранение-погрузка) и потенциальным простоям транспортных средств при свободных грузовых фронтах. Для рационального использования мощностей перевалочного комплекса, исключения простоев подъемно-транспортных средств из-за ограниченной вместимости складов и надежного функционирования системы рекомендуется принимать величину вероятности A соразмерной интервалу времени интенсивных периодов деятельности.

В случае использования прямого варианта переработки грузов вместо $K_{и}^T$ и $K_{и}^K$ следует использовать $K_{и}^{TP}$ и $K_{и}^{KP}$, определяемые из соотношений

$$k_u^{mn} = k_u^{mn} = k_u^m (1 - k_n), k_u^{kn} = k_u^k (1 - k_n) \quad (16)$$

$$K_n = q_n/q,$$

где q_n – средняя интенсивность грузового потока, обрабатываемого по прямому варианту.

В качестве примера использования полученного выражения для вместимости склада рассмотрим перевалочный комплекс, используемый для переработки экспортного грузопотока металлургического завода с экспортным грузопотоком $P_T = 3200$ т/сутки. При трех заданных значениях коэффициента использования кордонного фронта $K_{и}^K$ (0,3; 0,5; 0,8) на рисунке представлено изменение величины вместимости склада в зависимости от изменения коэффициента использования тылового фронта $K_{и}^T$ во всем его диапазоне изменения. Анализ графиков распределения (рисунок) показывает, что 495-970 % от уровня минимального значения вместимости склада в зависимости от заданной величины уровня величины коэффициента использования кордонного фронта $K_{и}^T$ (0,2; 0,4; 0,7) вместимость склада перевалочного комплекса (рисунок) в пределах 115-190 % от уровня минимального значения при изменении коэффициента использования кордонного фронта $K_{и}^K$ во всем диапазоне его изменения.

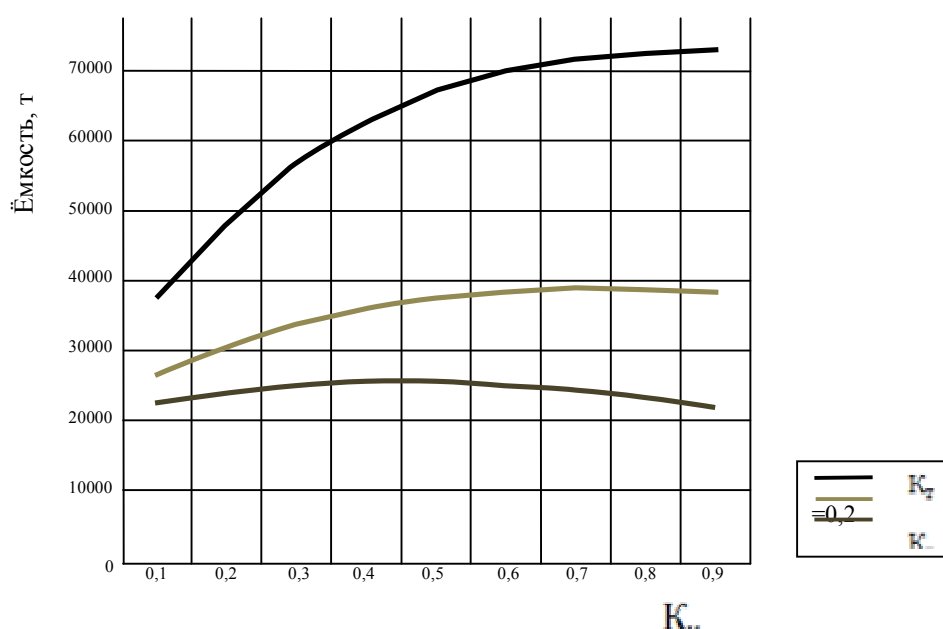
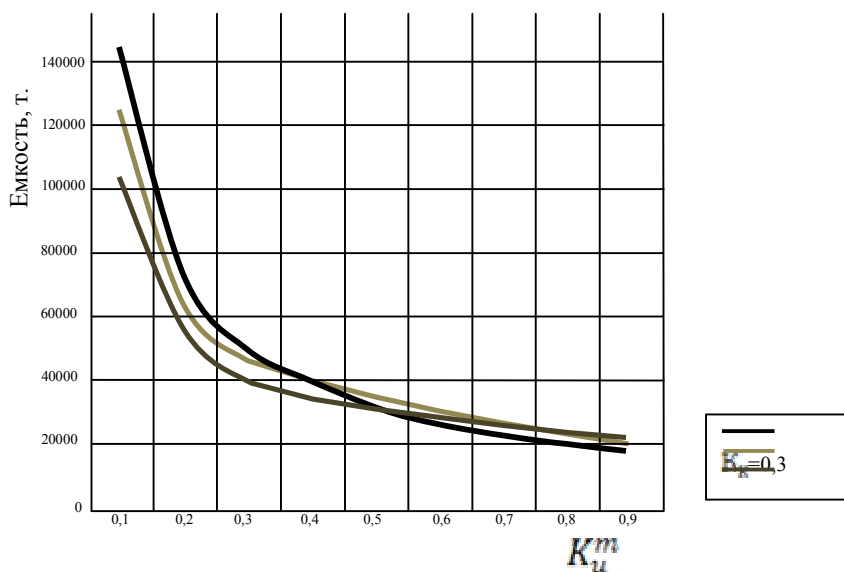


Рис. Зависимость емкости склада перевалочного комплекса от коэффициента использования кордонного фронта, коэффициента использования тылового фронта

Результаты. Результаты исследования представляют собой научно обоснованные экономико-эксплуатационные решения в области оптимизации взаимодействия морского и железнодорожного транспорта и работы складов в припортовых транспортных узлах, а также оказывают содействие дальнейшему усовершенствованию теории и практики рационального развития транспортных узлов.



Продолжение рис.

Приведенные расчеты демонстрируют определяющее влияние коэффициента использования тылового фронта на уровень вместительности склада перевалочного комплекса. Величина коэффициента использования тылового фронта, в свою очередь, определяется: продолжительностью проведения работ по разгрузке железнодорожного подвижного состава на склад порта, организации подач и разгрузку железнодорожных вагонов на тыловом фронте порта.

Аппарат теории вероятности является гибким и универсальным инструментом моделирования процессов функционирования многих элементов смешанных перевозок таких, как работа складов предприятий, железнодорожных и перевалочных комплексов, работа морского флота. Аналитические решения, полученные с использованием теории вероятности, позволяют получать качественные результаты для анализа взаимодействия железнодорожного и морского транспорта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем: Учебн. пособие / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1988. – 357 с.
2. Веников В.А. Теория подобия и моделирования: Учебн. пособие / Г.В. Веников. – М.: Высшая школа, 1984. – 479 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций: Учебн. пособие / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

4. Головин Ю.А. Применение языков моделирования в обучении методам программной имитации сложных систем: Тез. докл. 6-й Междунар. конф. «Региональная информатика-98». – Ч. 1 / Ю.А. Головин, С.А. Яковлев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998. – 78 с.
5. Ермаков С.М., Мелос В.Б. Математический эксперимент с моделями сложных стохастических систем: Учебн. пособие / С.М. Ермаков, В.Б. Мелос. – СПб.: Изд-во ГУ, 1993. – 315 с.
6. Имитационное моделирование производственных систем: Учебн. пособие / Под ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983. – 215 с.
7. Козлов И.Т. Пропускная способность транспортных систем: Учебн. пособие / И.Т. Козлов. – М.: Транспорт, 1985. – 214 с.
8. Кривулин Н.К. Об оптимизации сложных систем при имитационном моделировании / Н.К. Кривулин // Вестн. Ленингр. ун-та. – Сер. 1. – 1990. – № 8. – С. 102.
9. Персианов В.А. Станции и узлы в современной транспортной системе (проблемы, мнения, идеи): Учебн. пособие / В.А. Персианов. – М.: Транспорт, 1980. – 259 с.
10. Прицкер А.А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМП: Учебн. пособие / А.А. Прицкер. – М.: Мир, 1987. – 646 с.
11. Советов Б.Я. Моделирование систем: Учебн. пособие / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1998. – 319 с.
12. Яковлев С. А. Эволюционные имитационные модели процессов и систем как методологическая основа интеллектуальных технологий обучения // Тез. докл. Междунар. конф. «Современные технологии обучения»/ С.А. Яковлев. – СПб., 1996. – С. 48-54.
13. Горбатый М.М. Теория и практика оптимизации производственных мощностей морских портов: Учебн. пособие / М.М. Горбатый. – М.: Транспорт, 1981. – 168 с.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2012

Рецензент – доктор економічних наук, професор, завідувачий кафедрою «Економічна теорія і кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко**.