

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.

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 trans-shipment complex is also conducted. The probabilistic model of work of storage, which goes from the successive 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.

© Мурадян А.О., 2013

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, соответствующими ритмам грузовых работ [8-10]. Практическое – это важно не только для припортовых транспортных узлов, но и для экономически взаимодействующих больших предприятий.

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 или P_K .

Если рассматривается период времен T , количество суток, в течение которых процесс поступления условных партий груза будет завершеным – 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_{nm} 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 грузовых фронтов и значениями пропускных способностей P_T и P_K существует следующая связь:

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

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, характеризующие временные отрезки.

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

$$P(M) = \frac{T_b!}{T_b!(T_b - T_u)!} (k_u^m)^{T_b} (1 - k_u^k)^{T_b - T_u} = (k_u^m)^{T_b} \quad (4)$$

(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:

$$n = T_b \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right) \quad (5)$$

тогда

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

Следовательно

$$P(MN) = P(M)P(N) = (k_u^m)^{T_b} (1 - k_u^k)^{T_b \left(\frac{k_u^m}{k_u^k} \right)} \quad (7)$$

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 также 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_n^T и K_n^K следует использовать K_n^{Tn} и K_n^{Kn} , 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 исполь-

зования кордонного фронту K_n^k (0,3; 0,5; 0,8) на рисунку представлено изменение величини вмістимости складу в залежності від змінення коефіцієнта використання тылового фронту K_n^t во всем его діапазоні змінення. Аналіз графіків розподілення (рисунок) показує, що 495-970 % від рівня мінімального значення вмістимости складу в залежності від заданної величини рівня величини коефіцієнта використання кордонного фронту K_n^t (0,2; 0,4; 0,7) вмістимість складу перевалочного комплексу (рис. 1) в межах 115-190 % від рівня мінімального значення при зміненні коефіцієнта використання кордонного фронту K_n^k во всем діапазоні его змінення.

Результаты. Результати дослідження представляють собою науково обґрунтовані економіко-експлуатаційні рішення в області оптимізації взаємодія морського і залізнично-дорожного транспорту і роботи складів в припортових транспортних вузлах, а також оказують содействіє дальнішому усовершенствованію теорії і практики раціонального розвитку транспортних вузлів.

Приведенніє расчєты демонструють определяющее впливє коефіцієнта використання тылового фронту на рівень вмістимости складу перевалочного комплексу. Величина коефіцієнта використання тылового фронту, в свою очередь, определяється: продовжителістю проведення работ по разгрузке залізнично-дорожного подвижного состава на склад порту, організації подач і разгрузку залізнично-дорожних вагонів на тыловом фронті порту.

Апарат теорії веројатности являється гнбким і универсальным інструментом моделювання процесів функціонування багатьох елементів смешаних перевозок, таких як: работа складів підприємств, залізнично-дорожних і перевалочних комплексів, работа морського флоту. Аналітичєские рішення, полученніє с использованием теорії веројатности, разрешают получать качєственные результаты для анализа взаємодія залізнично-дорожного і морського транспорту.

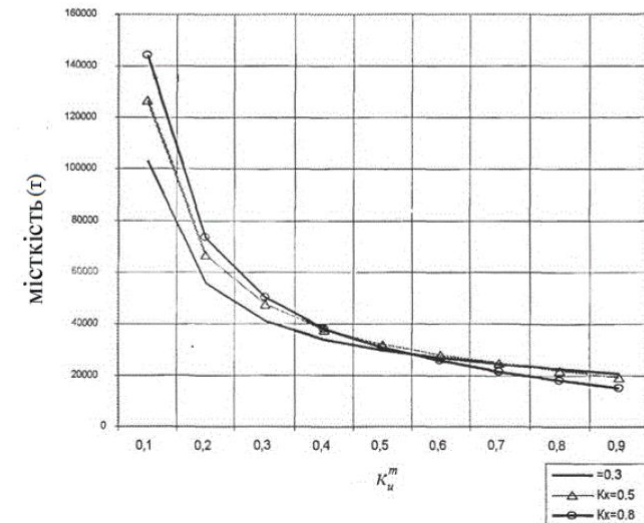
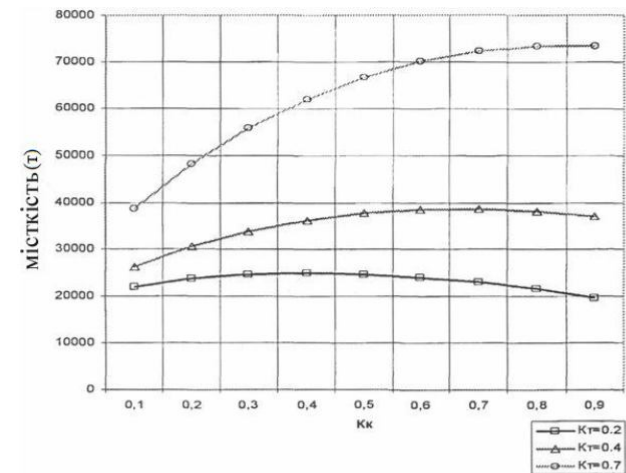


Рис. Залежність ємкості складу перевалочного комплексу від коефіцієнта використання кордонного фронту, коефіцієнта використання тылового фронту

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем: Учебн. пособие / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1988. – 357 с.
2. Веников Г.В. 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 Международ. 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.: Изд-во 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.: Изд-во Транспорт, 1980. – 259 с.

10. Прицкер А.А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМП: Учебн. пособие / А.А. Прицкер. – М.: Изд-во 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**