

4. Оксанич, А. П. Інформаційні системи і технології маркетингу [Текст] / А. П. Оксанич, В. Р. Петренко, О. П. Костенко. — К.: Професіонал, 2008. — 320 с.
5. Палеха, Ю. І. Маркетинг інформаційних продуктів і послуг [Текст] / Ю. І. Палеха, О. Ю. Палеха. — К.: Ліра-К, 2013. — 480 с.
6. Sladjana, S. The study of the concept of personality of the brand in marketing [Text] / S. Sladjana. — 2013. — Vol. 44, № 2. — P. 149–172.
7. Dodge, H. R. Innovations and Industrial Marketing Strategy [Text] / H. R. Dodge // Marketing Horizons: A 1980's Perspective. — Springer Science + Business Media, 2014. — P. 81–84. doi:10.1007/978-3-319-10966-4\_19
8. Трифилова, А. А. Оценка эффективности инновационного развития предприятия [Текст] / А. А. Трифилова. — М.: Финансы и статистика, 2005. — 304 с.
9. Остапенко, І. М. Стохастичні моделі задачі про рекламу в інвестиційних рішеннях [Текст]: зб. наук. праць ДонНУ / І. М. Остапенко, В. М. Порохня // Інновації, інвестиції, кредитування: методи, моделі, механізми. Нове в економічній кібернетичі. — Донецьк, 2007. — Вип. 3. — С. 22–35.
10. Остапенко, І. М. Розробка положень концептуальної моделі розвитку інноваційного маркетингу [Текст] / І. М. Остапенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — Луганськ, 2007. — Т. 2, № 11(117). — С. 264–267.
11. Порохня, В. М. Інформаційна система моделювання бюджетних процесів [Текст] / В. М. Порохня, Л. С. Головова, І. М. Остапенко // Держава та регіони. Серія: Економіка і підприємництво. — 2007. — № 6. — С. 130–134.
12. Остапенко, І. М. Про деякі підходи до питання моделювання бюджету просування [Текст] / І. М. Остапенко // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. — 2008. — № 1. — С. 121–127.

#### МЕТОДЫ И МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАРКЕТИНГЕ КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Исследование программных средств маркетинговой деятельности компаний для решения маркетинговых задач. Найденны проблемы маркетинговых исследований и их взаимосвязь с факторами географического положения страны. Подобранны функции под нужды конкретных объектов автоматизации, представлены группы, системы, автоматизация маркетинга. Анализ программы автоматизации маркетинга и детальнейшее рассмотрение возможности развития.

**Ключевые слова:** информационные системы, автоматизация маркетинга, маркетинговое исследование, проблемы маркетинга, маркетинговый продукт.

*Ахмедов Ренат Рамазанович, аспірант, кафедра інформаційних систем в економіці, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана, Україна, e-mail: akhmedov.kneu@gmail.com.*

*Ахмедов Ренат Рамазанович, аспірант, кафедра інформаційних систем в економіці, Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана, Україна.*

*Akhmedov Renat, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Ukraine, e-mail: akhmedov.kneu@gmail.com*

УДК 629.016:656.071.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.52195

Корниец Т. Е.

## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПРОСТОЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ПОРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

*Предложена оценка вероятности простоя транспортных средств при изменяющихся условиях портового производственного процесса, оказывающих влияние на интенсивность и время обработки судна. Подход основан на теории систем массового обслуживания, работающих в случайной среде.*

*Рассмотрен случай прямого взаимодействия двух транспортных потоков на одном причале. Полученные результаты позволили сформулировать вероятностные показатели портового производственного процесса при изменяющихся условиях.*

**Ключевые слова:** портовый терминал, портовый производственный процесс, простой транспортных средств, вероятностные показатели.

### 1. Введение

Как и в любой производственной сфере, эффективное и рациональное управление портовым производственным процессом зависит от надежного функционирования всех элементов его инфраструктуры: ресурсов, технологии, системы управления и др. Под производственным процессом автор статьи будет понимать число транспортных средств (ТС), находящихся на портовом терминале в некоторый момент времени, а также число работоспособных перегрузочных машин. С точки зрения обеспечения высокого качества предоставляемых услуг, портовый производ-

ственный процесс должен быть работоспособным в любой момент времени при изменяющихся условиях. В число изменяющихся условий производственного процесса входит большое число случайных факторов, таких как колебания моментов поступления транспортных средств (судов, железнодорожных составов, автомобилей), технические и технологические отказы перегрузочных машин, количественное и качественное состояние которых характеризуется значениями вероятностных показателей. Наличие любого из перечисленных случайных факторов существенно влияет на интенсивность и время обработки судов. Этим обосновывается актуальность проведенного исследования.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Функционирование инфраструктуры портовой производственной системы, а также ее элементов нельзя рассматривать как не зависящие друг от друга факторы. Так, например, эксплуатационные нагрузки на причал определяются частотой прибытия в порт судов и других видов транспорта, долей времени в эксплуатационном периоде, когда перегрузочные машины работают (не простаивают), технологией перегрузки грузов и др. Существенную помощь в обеспечении надежного функционирования всех элементов портовой инфраструктуры могут оказать современные подходы по управлению эксплуатационной надежностью портового терминала, основанные на методах математической теории надежности, математической статистики и теории оптимизации [1, 2]. Это продемонстрировано, в частности, в работе [3], где сформулированы требования к проектированию системы управления эксплуатационной надежностью портового оборудования, а также в работе [4], посвященной разработке метода оценки риска дополнительного простоя судна под грузовыми операциями из-за ограниченной надежности перегрузочных машин.

Для оценки значений параметров портового производственного процесса необходимо располагать научно обоснованными методами расчета вероятностных показателей отдельных ее подсистем и элементов. В настоящее время специальная литература, посвященная исследованию данной проблемы на основе теории систем массового обслуживания (СМО), работающих в случайной среде, весьма обширна [5–9]. Отметим, что альтернативой аналитическому подходу для исследования работы портового терминала, который используется в данной работе, служат методы имитационного моделирования, которые широко применяются в зарубежной практике проектирования и анализа работы портовых терминалов [10, 11].

Ниже рассмотрен случай прямого варианта взаимодействия двух транспортных потоков. Как отмечено в [8], для прямого варианта взаимодействия можно использовать традиционный математический аппарат теории массового обслуживания — цепи Маркова, полумарковские процессы и др.

## 3. Объект, цель и задачи исследования

*Объект исследования* — процесс обработки транспортных средств на портовом терминале и процессы отказа перегрузочного оборудования и его восстановления.

*Целью данной работы* является исследование вероятностных показателей функционирования портового терминала при изменяющихся случайным образом условиях портового производственного процесса.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить такие задачи:

1) проанализировать условия портового производственного процесса;

2) построить вероятностную модель функционирования портового терминала методами теории массового обслуживания;

3) разработать методы расчета вероятностных показателей портового производственного процесса.

## 4. Нахождение вероятностных показателей портового производственного процесса при изменяющихся условиях

Рассмотрим портовый терминал, состоящий из одного причала. На этот терминал прибывают для перегрузки груза два встречных потока ТС: первый поток ТС с грузом, а второй поток — порожних ТС. Перегрузка с грузевых ТС на порожние производится у причала по прямому варианту с интенсивностью:

$$\Pi = N\Pi_1,$$

где  $N$  — число параллельно работающих технологических линий, участвующих в перегрузочном процессе;  $\Pi_1$  — производительность одной линии. (Каждая линия состоит из последовательно соединенных перегрузочных машин разного вида). Линии предполагаются ненадежными только в процессе их технологического использования. С вероятностью  $a\Delta t + o(\Delta t)$  в интервале времени  $(t, t + \Delta t)$  любая линия выходит из строя и немедленно начинает восстанавливаться. С вероятностью  $b\Delta t + o(\Delta t)$  в интервале  $(t, t + \Delta t)$  завершается восстановление одной линии.

Чистые грузоподъемности ТС  $j$ -го потока предполагаются взаимно независимыми случайными величинами, распределенными по показательному закону со средним  $g_j, j = 1, 2$ . Потоки ТС — независимые стационарные пуассоновские с интенсивностями  $\lambda_j, j = 1, 2$ . Длины очередей ТС ограничены числами  $r_j, j = 1, 2$ .

Введем в рассмотрение следующий марковский процесс:

$$(v_1(t), v_2(t), n(t)),$$

где  $v_j(t), j = 1, 2$  — число ТС  $j$ -го потока, находящихся в очереди или под погрузкой/выгрузкой в момент  $t$ ;  $n(t)$  — число работоспособных линий в момент  $t$ .

Этот марковский процесс определен над фазовым пространством состояний:

$$\Omega = \{(k_1, k_2, i) : 0 \leq k_1 \leq r_1 + 1, 0 \leq k_2 \leq r_2 + 1, 0 \leq i \leq N\}.$$

Обозначим:

$$p(k_1, k_2, i, t) = P\{v_1(t) = k_1, v_2(t) = k_2, n(t) = i\}, (k_1, k_2, i) \in \Omega.$$

Стационарные вероятности:

$$p(k_1, k_2, i) = \lim_{t \rightarrow \infty} p(k_1, k_2, i, t),$$

удовлетворяют следующей системе алгебраических уравнений Колмогорова:

$$\begin{aligned} & - [\lambda_1 e(r_1 + 1 - k_1) + \lambda_2 e(r_2 + 1 - k_2) + \mu_1 e(k_1) e(k_2) + \\ & + \mu_2 e(k_1) e(k_2) + aie(k_1) e(k_2) + b(N - i)] p(k_1, k_2, i) + \\ & + \lambda_1 e(k_1) p(k_1 - 1, k_2, i) + \lambda_2 e(k_2) p(k_1, k_2 - 1, i) + \\ & + \mu_1 e(r_1 + 1 - k_1) p(k_1 + 1, k_2, i) + \mu_2 e(r_2 + 1 - k_2) p(k_1, k_2 + 1, i) + \\ & + a(i + 1) e(N - i) e(k_1) e(k_2) p(k_1, k_2, i + 1) + \\ & + be(i)(N - i + 1) p(k_1, k_2, i - 1) = 0, \\ & 0 \leq k_j \leq r_j + 1, j = 1, 2; 0 \leq i \leq N, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $e(0) = 0, e(i) = 1$ , если  $i > 0$ ;  $\mu_j = \Pi_1 / g_j, j = 1, 2$ .

Система (1) должна решаться вместе с условием нормировки:

$$\sum_{(k_1, k_2, i) \in \Omega} p(k_1, k_2, i) = 1. \tag{2}$$

Отметим, что состояния  $(k, 0, 0)$  и  $(0, k, 0)$  являются несущественными, т. е.  $p(k, 0, 0) = p(0, k, 0) = 0$ .

В общем случае, учитывая высокую размерность системы уравнений (1), (2) при реальных значениях параметров  $r_1, r_2, N$ , для ее решения целесообразно применять специальные алгоритмы. Можно предложить, например, следующий алгоритм, являющийся сочетанием асимптотического разложения вероятностей  $p(k_1, k_2, i)$  по степеням малого параметра и матричного алгоритма, наподобие предложенного в [9]. Выберем в качестве малого параметра интенсивность потока отказов машин  $a$  и представим вероятности состояний в виде степенного ряда по степеням  $a$ :

$$p(k_1, k_2, i) = \sum_{n=0}^{\infty} \pi_n(k_1, k_2, i) a^n, \tag{3}$$

где  $\pi_n(k_1, k_2, i)$  – неизвестные коэффициенты разложения. Ясно, что:

$$\pi_0(k_1, k_2, i) = \begin{cases} p(k_1, k_2), & i = N, \\ 0, & 0 \leq i < N, \end{cases} \tag{4}$$

где  $p(k_1, k_2)$  – вероятности состояний системы при условии абсолютно надежных машин, которые могут быть найдены с помощью матричного алгоритма [9].

Подставляя разложение (3) в уравнения системы (4), группируя члены при одинаковых степенях  $a$  и приравнивая коэффициенты при этих степенях к нулю, получим следующие рекуррентные соотношения для нахождения коэффициентов  $\pi_n(k_1, k_2, i)$ :

$$\begin{aligned} & -[\lambda_1 e(r_1 + 1 - k_1) + \lambda_2 e(r_2 + 1 - k_2) + i\mu_1 e(k_1) e(k_2) + b(m - i)] \times \\ & \times \pi_n(k_1, k_2, i) + \lambda_1 e(k_1) \pi_n(k_1 - 1, k_2, i) + \lambda_2 e(k_2) \pi_n(k_1, k_2 - 1, i) + \\ & + \mu_1 e(r_1 + 1 - k_1) \pi_n(k_1 + 1, k_2, i) + \mu_2 e(r_2 + 1 - k_2) \pi_n(k_1, k_2 + 1, i) + \\ & + b e(i) (N - i + 1) \pi_n(k_1, k_2, i - 1) = i \pi_{n-1}(k_1, k_2, i) - \\ & - e(m - i) e(k_1) e(k_2) \pi_{n-1}(k_1, k_2, i + 1), \quad n = 1, 2, \dots \end{aligned} \tag{5}$$

Система (5) решается с учетом условия (4). Из (5), в частности, вытекает, что:  $\pi_n(k_1, k_2, i) = 0, \quad 0 \leq i < N - n, \quad n = 0, 1, \dots, N$ . Этот факт делает целесообразным использование матричного алгоритма для нахождения коэффициентов  $\pi_n(k_1, k_2, i), \quad i \geq N - n$ .

Система (1), (2) в случае абсолютно надежных линий приведена в [8]. В частном случае  $r_1 = r_2 = 0, N = 1$  система (1), (2) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} & -\lambda_2 p(1, 0, 1) + \mu_2 p(1, 1, 1) = 0, \\ & -\lambda_1 p(0, 1, 1) + \mu_1 p(1, 1, 1) = 0, \\ & -bp(1, 1, 0) + ap(1, 1, 1) = 0, \\ & -(\mu_1 + \mu_2 + a)p(1, 1, 1) + \lambda_1 p(0, 1, 1) + \\ & + \lambda_2 p(1, 0, 1) + bp(1, 1, 0) = 0, \\ & p(1, 0, 1) + p(0, 1, 1) + p(1, 1, 0) + p(1, 1, 1) = 1. \end{aligned} \tag{6}$$

Граф состояний и переходов марковского процесса, поясняющий вывод системы уравнений (6), приведен на рис. 1.

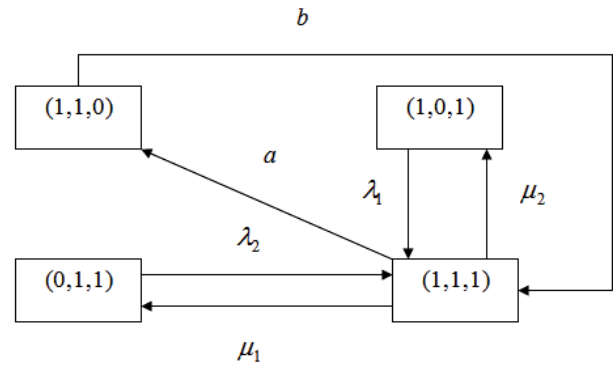


Рис. 1. Граф состояний из переходов марковского процесса для случая  $r_1 = r_2 = 0, N = 1$

Ее решение, как легко убедиться, имеет вид:

$$\begin{aligned} p(1, 0, 1) &= \frac{\mu_2}{\lambda_2} p(1, 1, 1), \\ p(0, 1, 1) &= \frac{\mu_1}{\lambda_1} p(1, 1, 1), \\ p(1, 1, 0) &= \frac{\alpha}{b} p(1, 1, 1), \\ p(1, 1, 1) &= \left( 1 + \frac{\alpha}{b} + \frac{\mu_1}{\lambda_1} + \frac{\mu_2}{\lambda_2} \right)^{-1}. \end{aligned} \tag{7}$$

Располагая решением системы (1), (2), можно рассчитать:

1) вероятность работоспособного состояния терминала в любой момент времени:

$$P_{\text{пнк}} = 1 - \sum_{k_1=0}^{n+1} \sum_{k_2=0}^{r_2+1} p(k_1, k_2, i); \tag{8}$$

2) среднее число работоспособных линий на терминале:

$$\bar{N} = \sum_{k_1=0}^{n+1} \sum_{k_2=0}^{r_2+1} i p(k_1, k_2, i), \tag{9}$$

и их среднюю производительность  $\bar{P} = \bar{N} P_1$ ;

3) вероятность дополнительного простоя ТС из-за выхода из строя линий:

$$P_{\text{пр}} = \sum_{k_1=1}^{n+1} \sum_{k_2=1}^{r_2+1} \sum_{i=0}^{N-1} p(k_1, k_2, i). \tag{10}$$

### 5. Обсуждение результатов оценки вероятности простоя транспортных средств при изменяющихся условиях портового производственного процесса

Предложенный выше метод оценки простоя ТС на портовом терминале вследствие ограниченной надежности перегрузочного оборудования учитывает переменный

режим его использования, определяемый неравномерностью прибытия ТС под погрузку и выгрузку. В реальной производственной практике качество оказываемых портом услуг тесно связано с надежностью функционирования всех элементов его инфраструктуры. Поэтому исследования показателей надежности, в частности, оценка вероятности простоя транспортных средств при изменяющихся случайным образом условиях портового производственного процесса, в практическом и теоретическом отношении является важной и достаточно сложной задачей. В проведенном исследовании, рассматривается случай взаимодействия двух транспортных потоков на терминале только по прямому варианту. Аналогичную задачу можно сформулировать также и для складского варианта перегрузки груза на терминале, однако получение соответствующих результатов связано с более сложными вычислениями [8].

## 6. Выводы

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Проведен анализ условий портового производственного процесса, который позволил выявить его зависимость от случайных факторов, вероятность наступления которых можно оценить набором различных показателей. Особенностью оценки показателей, значительно усложняющей решение задачи, является то, что соответствующие технологические элементы портовой инфраструктуры нельзя рассматривать как не зависящие друг от друга. Причем, некоторые показатели одновременно определяют уровень надежности и качества портовых услуг. К таким показателям относится, например, интенсивность обработки ТС. Значение интенсивности является величиной изменчивой и в любой момент времени может меняться в зависимости от наступления таких случайных событий, как внезапный отказ перегрузочных машин. Поэтому возникают риски, связанные с возможностью простоя транспортных средств.

2. Сформулирована и решена задача представления портового терминала в виде многоканальной системы массового обслуживания (СМО) специального вида с ненадежными каналами.

3. Установлено, что решаемая задача обладает рядом особенностей, не позволяющих использовать готовые модели и соответствующие стандартные схемы. К таким особенностям следует отнести наличие несколько параллельно работающих ненадежных технологических линий на одном причале. Для исследуемого случая для решения системы уравнений относительно стационарных вероятностей СМО целесообразно применить метод разложения по степеням малого параметра. В качестве малого параметра выбрана интенсивность потока отказов оборудования.

4. Располагая решением систем уравнений можно рассчитать показатели надежности парка оборудования терминала, среднее число работоспособных линий на терминале, вероятность дополнительного простоя транспортных средств из-за выхода из строя технологических линий.

5. Практическое применение предложенной вероятностной модели необходимо руководству терминала для более эффективного управления производственным процессом и прогнозирования возможных экономических

потерь, вызванных снижением интенсивности обработки транспортных средств.

## Литература

1. Беляев, Ю. К. Надежность технических систем [Текст]: справочник / Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин и др.; под ред. И. А. Ушакова. — М.: Радио и связь, 1985. — 608 с.
2. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. — М.: Наука, 1965. — 524 с.
3. Корниец, Т. Е. О некоторых задачах проектирования системы управления эксплуатационной надежностью портового оборудования [Текст]: сб. науч. пр. / Т. Е. Корниец // Методы та засоби управління розвитком транспортних систем. — Одеса: ОНМУ, 2006. — Вып. 11. — С. 175–191.
4. Постан, М. Я. Разработка метода оценки риска дополнительного простоя судна под грузовыми операциями из-за ограниченной надежности перегрузочных машин [Текст] / М. Я. Постан, Т. Е. Корниец, Л. В. Москалюк // Технологический аудит и резервы производства. — 2014. — № 5/2 (19). — С. 69–75. doi:10.15587/2312-8372.2014.26740
5. Воеводский, Е. Н. Стохастические модели в проектировании и управлении деятельностью портов [Текст] / Е. Н. Воеводский, М. Я. Постан. — М.: Транспорт, 1987. — 318 с.
6. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания [Текст] / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. — 3-е изд.; испр. и доп. — М.: КомКнига, 2005. — 400 с.
7. Постан, М. Я. Многоканальная обслуживающая система с постоянным временем обслуживания в случайной среде [Текст] / М. Я. Постан // Економічна кібернетика. — 2006. — № 3–4 (39–49). — С. 62–68.
8. Постан, М. Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок [Текст] / М. Я. Постан. — Одесса: Астропринт, 2006. — 376 с.
9. Башарин, Г. П. Матричный метод нахождения стационарного распределения для некоторых нестандартных систем массового обслуживания [Текст] / Г. П. Башарин, А. И. Громов // Автоматика и телемеханика. — 1978. — № 1. — С. 29–38.
10. Legato, P. Berth planning and resources optimisation at a container terminal via discrete event simulation [Text] / P. Legato, R. M. Mazza // European Journal of Operational Research. — 2001. — Vol. 133, № 3. — P. 537–547. doi:10.1016/s0377-2217(00)00200-9
11. Kia, M. Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation [Text] / M. Kia, E. Shayan, F. Ghotb // Computers & Industrial Engineering. — 2002. — Vol. 42, № 2–4. — P. 533–540. doi:10.1016/s0360-8352(02)00051-7

## ОЦІНКА ЙМОВІРНОСТІ ПРОСТОЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ УМОВАХ ПОРТОВОГО ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ

Запропонована оцінка ймовірності простою транспортних засобів при умовах портового виробничого процесу, що змінюється і впливає на інтенсивність та час обробки судна. Підхід оснований на теорії систем масового обслуговування, працюючих у випадковому середовищі.

Розглянутий випадок прямого варіанту взаємодії двох транспортних потоків на одному причалі. Отримані результати дозволили сформулювати ймовірнісні показники портового виробничого процесу при умовах, що змінюються.

**Ключові слова:** портовий термінал, портовий виробничий процес, простій транспортних засобів, ймовірнісні показники.

*Корниец Татьяна Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра эксплуатации морских портов, Одесский национальный морской университет, Украина, e-mail: tekorn@yandex.ua*

*Корниец Татьяна Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра експлуатації морських портів, Одеський національний морський університет, Україна.*

*Korniets Tatyana, Odessa National Maritime University, Ukraine, e-mail: tekorn@yandex.ua*