

УДК 656.611.2.001.13

М.Я. Постан, И.В. Савельева

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗОРЕНИЯ ОПЕРАТОРА ПОРТОВОГО ТЕРМИНАЛА

В статье предложен метод оценки вероятности разорения портового оператора, основанный на теории хранения запасов. Задача сводится к нахождению распределения времени до первого момента опустошения хранилища, а процессом риска является текущая прибыль оператора. Принципиально новым моментом, с точки зрения теории разорения, является совместное описание динамики производственного процесса (обработки судов) и соответствующего текущего финансового результата деятельности оператора.

Ключевые слова: оператор портового терминала, обработка судов, текущий финансовый результат, обслуживающая система, вероятность разорения.

У статті запропоновано метод оцінки ймовірості розорення портового оператора, що заснований на теорії збереження запасів. Задачу зведено до знаходження розподілу часу до першого моменту опорожнення складу, процесом ризику є поточний прибуток оператора. Принципово новим моментом, з точки зору теорії розорення, є сумісний опис динаміки виробничого процесу (обробки суден) та відповідного поточного фінансового результату діяльності оператора.

Ключові слова: оператор портового терминала, обробка суден, поточний фінансовий результат, система обслуговування, ймовірність розорення.

In the article, a method for port's operator ruin probability assessment is proposed. This method is based on stochastic storage theory. The problem is solved by its reduction to finding the distribution of time till first moment of warehouse emptiness. The process of risk is the value of current profit of operator. From the point of view of ruin theory the new approach is proposed which is based on simultaneous description of port terminal as a queueing system and corresponding financial flows.

Keywords: port's terminal operator, service of ships, current financial result, queueing system, ruin probability.

Постановка проблемы. Деятельность оператора портового терминала (ОПТ) как субъекта хозяйственной деятельности сопровождается определенными рисками, среди которых основным является риск снижения (возможно, временного) грузопотока и соответствующего финансового результата в некотором временном интервале.

©. Постан М.Я., Савельева И.В., 2014

Этот риск возникает из-за того, что коммерческая деятельность ОПТ подвержена различным факторам внешней и внутренней неопределенности, например:

- политическая нестабильность;
- действие конкурентов;
- объективно существующая неравномерность прибытия судов в порт;
- несовершенное законодательство;
- действие природных сил;
- непредвиденные простои судна в процессе его грузовой обработки (например, вследствие внезапных отказов перегрузочного оборудования);
- субъективные факторы и др.

Учет факторов риска в деятельности ОПТ необходим для повышения его финансовой устойчивости и конкурентоспособности. Практически это дает ему возможность объективно оценить целесообразность страхования указанных рисков. Поэтому исследования в данном направлении являются актуальными.

Обзор последних достижений и публикаций. В проведенных за ряд последних лет исследованиях проблемы учета факторов риска в деятельности ОПТ и порта в целом делались попытки использования отдельных результатов теории разорения для совершенствования управления указанными рисками. Так, например, в работе [1] решались задачи оценки вероятности принятия текущей прибылью ОПТ значения не ниже заданного уровня на фиксированном промежутке времени. В статье [2] рассматривалась задача оценки вероятности достаточности накоплений фондов, формируемых за счет портовых сборов, для выполнения плановых работ по поддержанию технических элементов портовой инфраструктуры в надлежащем состоянии. Отметим также работу [3], посвященную оценке инвестиционных рисков при разработке проектов реконструкции портовых терминалов.

В то же время следует отметить недостаточность существующих исследований по проблеме оценки риска разорения ОПТ с учетом его основной производственной деятельности, а именно: организации приема и грузовой обработки судов на терминале.

Здесь следует также отметить следующее обстоятельство, касающееся современного состояния математической теории риска [4, 5]. Исторически эта теория начала разрабатываться более 100 лет назад в связи с коммерческими интересами страховых компаний. Классические постановки задач теории разорения посвящены нахождению вероятностей разорения страховщиков. В настоящее время теория разорения страховщиков является глубоко разработанной областью прикладной вероятности. Хозяйственная же практика, в том числе и на морском транспорте, ставит аналогичные задачи также и для страхователей. Однако анализ специальной литературы показывает, что исследования в этом направлении нахо-

дятся пока еще в лучшем случае в зачаточном состоянии (см., например, монографии [4, 5]). С теоретической точки зрения трудность исследования данной проблемы связана с необходимостью учета не только динамики изменения финансовых показателей деятельности предприятия, но также и специфики производственного процесса [6].

Цель исследования. Целью данной статьи является разработка метода оценки вероятности разорения ОПТ с учетом особенностей работы портового терминала как некоторой обслуживающей системы.

Основной материал исследования. Если предположить, что плата оператору фрахтователем за проведение грузовых операций предоставляется сразу после окончания обработки судна, то в упрощенном виде процесс финансового риска ОПТ может быть представлен следующим образом:

$$\Pi(t) = u + pX(t) - rt, t \geq 0, \quad (1)$$

где $X(t)$ – суммарное количество груза, перегруженного ОПТ из судов (на суда) в интервале $(0, t]$, причем

$$X(t) = \sum_{k=1}^{\omega(t)} \gamma_k, \quad (2)$$

где γ_k – чистая грузоподъемность k -го по счету обработанного судна (случайные величины $\gamma_1, \gamma_2, \dots$ предполагаются независимыми в совокупности и одинаково распределенными); $\omega(t)$ – суммарное число обработанных на терминале судов в указанном интервале времени; p – аккордная ставка; r – эксплуатационные расходы по терминалу; u – значение процесса $\Pi(t)$ в начальный момент времени $t = 0$.

В целях простоты анализа в равенстве (1) мы не учли возможную прибыль оператора от коммерческого хранения груза на складе (доходы ОПТ от технологического хранения включены в аккордную ставку, а соответствующими расходами пренебрегаем).

Как видно из выражения (2), случайный процесс $X(t)$ имеет достаточно сложную вероятностную структуру, поскольку ее имеет процесс $\omega(t)$. Для нахождения вероятностного распределения процесса $\omega(t)$ портовый терминал можно представить в виде обслуживающей системы. Как известно из теории массового обслуживания [7], нахождение распределения процесса $\omega(t)$ даже для классических n -канальных систем массового обслуживания (СМО) с ожиданием типа $M/G/n$ и $GI/M/n$ представляет очень сложную математическую задачу. Нас же, согласно (1), интересует распределение момента времени первого достижения процессом $\Pi(t)$ множества $(-\infty, -u]$, (т.е. момента «разорения» ОПТ), что является еще более сложной проблемой.

В то же время для ряда СМО, например, типа $M/M/n$ и $M/G/\infty$ с пуассоновским входящим потоком в установившемся режиме их работы распределение процесса $\omega(t)$ найти легко: оно просто совпадает с распределением входящего потока, т.е. тоже является однородным пуассоновским с той же самой интенсивностью, что и у входящего потока [7]. При этом необходимым и достаточным условием существования установившегося режима в СМО типа $M/M/n$ служит неравенство

$$\lambda < n\mu, \quad (3)$$

где λ – интенсивность входящего потока заявок;
 $1/\mu$ – среднее время обслуживания одной заявки.

Поэтому мы будем интересоваться поведением процесса $\Pi(t)$, предполагая, что работа портового терминала описывается либо моделью пуассоно-эрланговской СМО $M/M/n$, либо моделью бесконечноканальной СМО типа $M/G/\infty$. В последней модели СМО ожидание заявками на обслуживание (т.е. судами) начала обслуживания отсутствует, что соответствует наблюдаемой в крупных морских портах практике.

Таким образом, учитывая вышесказанное, можно считать, что

$$P\{\omega(t) = k\} = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

В формуле (4) считаем, что λ – это интенсивность прибывающих на терминал судов. С учетом (4) случайный процесс

$$Y(t) = pX(t) - rt$$

является сложным пуассоновским процессом со сносом, равным $-r$. Такого рода случайные процессы широко используются в теории хранения запасов (или в теории водохранилищ) [8].

Обозначим через $T(u)$ время до первого достижения процессом $\Pi(t)$ множества $(-\infty, -u]$, т.е. по определению

$$T(u) = \inf\{t : Y(t) \leq -u\}, u > 0.$$

Считаем, что $T(0) \equiv 0$. Из теории водохранилищ [8] следует, что

$$Me^{-sT(u)} = e^{-u\eta(s)}, \operatorname{Re} s > 0, \quad (5)$$

где $\eta(s) \equiv \eta$ – единственный корень уравнения

$$r\eta = \lambda(1 - \gamma(p\eta)) + s, \quad (6)$$

$$\gamma(z) = \int_0^{\infty} e^{-zx} dG(x), \operatorname{Re} z > 0; G(x) = P\{\gamma_1 \leq x\}.$$

Вероятность разорения ОПТ определяется по формуле [8]

$$P\{T(u) < \infty\} = \begin{cases} 1, & \text{если } \lambda gp \leq r \\ e^{-uR}, & \text{если } \lambda gp > r \end{cases}, \quad (7)$$

где $g = M\gamma_1$ – среднее значение чистой грузоподъемности судна;

$R = \eta(+0)$ – наибольший положительный корень уравнения (см.(6)).

$$rR = \lambda(1 - \gamma(pR)). \quad (8)$$

Соответственно, вероятность неразорения равна

$$1 - P\{T(u) < \infty\} = \begin{cases} 0, & \text{если } \lambda gp \leq r \\ 1 - e^{-uR}, & \text{если } \lambda gp > r \end{cases}.$$

Отметим, что для модели СМО типа М/М/п вероятность (7) равна e^{-uR} только в случае выполнения условий (см. (3))

$$\frac{r}{p} < \lambda g < ng\mu.$$

Условие $r < \lambda gp$ имеет простой экономический смысл, а именно: для того, чтобы вероятность разорения была меньше 1, суточные эксплуатационные затраты по терминалу должны быть строго меньше средней скорости поступления доходов ОПТ.

В таблице приведены численные значения вероятности разорения (7) для случая $G(x) = 1 - e^{-x/g}, x \geq 0$, при $\lambda = 0,1$ суд./сут., $g = 100$ тыс.т и различных значениях параметров u, r, p . В данном случае (см. (8))

$$R = \frac{\lambda g - r/p}{rg}, \lambda gp > r.$$

Из таблицы видно, что, как и следовало ожидать, с ростом параметра p вероятность разорения снижается. С другой стороны, из (7), (8) видно, что при больших значениях p эта вероятность стремится к предельному значению, равному $e^{-\lambda u/r}$. Если считать, что интенсивность судопотока есть убывающая функция параметра p (из-за влияния конкуренции), причем $\lambda(p) \rightarrow 0$ при $p \rightarrow \infty$, то вероятность разорения с ростом p будет стремиться к 1 (при фиксированных значениях u и r).

Варьируя параметры u, r, p , можно сделать вероятность разорения достаточно малой величиной ε , т.е.

$$e^{-uR} = \varepsilon,$$

откуда находим

$$u = -\frac{1}{R} \ln \varepsilon.$$

Численные значения вероятности разорения ОПТ

r , тыс. ден. ед. / сут.	p , тыс. ден. ед./г	R , 1/тыс. ден. ед.	u , тыс. ден. ед.	Вероят- ность разорения
1,0	0,3	$(2/3) \cdot 10^{-1}$	20	0,26360
1,5		$(1/5) \cdot 10^{-1}$	25	0,60653
2,0		$(1/6) \cdot 10^{-1}$	30	0,60653
2,5		$(1/15) \cdot 10^{-1}$	35	0,79189
1,0	0,4	$(3/4) \cdot 10^{-1}$	20	0,22313
1,5		1/24	25	0,35287
2,0		$(1/4) \cdot 10^{-1}$	30	0,47237
2,5		$(3/2) \cdot 10^{-2}$	35	0,59156
1,0	0,5	$8 \cdot 10^{-2}$	20	0,20190
1,5		$(7/15) \cdot 10^{-1}$	25	0,31140
2,0		$3 \cdot 10^{-2}$	30	0,40657
2,5		$2 \cdot 10^{-2}$	35	0,49659

При этом значения начального запаса финансовых средств ОПТ (u) вероятность разорения будет достаточно мала.

Выводы. Полученные выше результаты могут использоваться для прогнозирования прибыли ОПТ и для приближенной оценки его финансовой устойчивости в условиях случайного колебания частоты судозаходов. Они могут быть также полезными при анализе возможности снижения риска разорения, например, за счет привлечения заемных средств или страхования, что требует проведения специальных дополнительных исследований в данном направлении.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Медведева С.А. Методические обоснования целесообразности страхования некоторых рисков в деятельности стивидорной компании / С.А. Медведева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ. – 2008. – Вип.13. – С. 120-129.
2. Медведева С.А. Методы оценки рисков, связанных с инвестиционными проектами создания портовых перегрузочных комплексов / С.А. Медведева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ. – 2006. – Вип.11. – С. 112-119.

3. Махуренко Г.С. Моделирование инвестиционной программы развития порта / Г.С. Махуренко, Д.П. Боу-Торган // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ. –2010. – Вип. 16. – С.18-30.
4. Королев В.Ю. Математические основы теории риска / В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. – М.: Физматгиз, 2007. – 544 с.
5. Grandell J. Aspects of Risk Theory / J. Grandell. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1992. – 175 p.
6. Постан М.Я. Метод оцінки ризиків при оптимізації планування випуску продукції підприємством в умовах випадкового попиту / М.Я. Постан // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. –2013. – № 4(46). – С. 321-325.
7. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания. – 3-е изд., испр. и доп. / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. –М.: КомКнига, 2005. – 400 с.
8. Prabhu N.U. Stochastic Storage Processes: Queues, Insurance Risk, Dams, and Data Communication. 2nd Ed./N.U. Prabhu. – Springer, 1997. – 206 p.

Стаття надійшла до редакції 22.12.2014

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт»
Одеського національного морського університету **А.В. Шахов**

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські перевезення» Одеської національної морської академії **Л.Л. Ніколаєва**