

7. Назаров В. И. Экономическая оценка нефтегазового потенциала арктического шельфа России / В. И. Назаров, Л. В. Калист // Нефть. Газ. Промышленность. — 2006. — № 6 (26). — С. 27–30.
8. Распоряжение Правительства РФ от 8 декабря 2010 г. № 2205-р «О Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://archive.government.ru/gov/results/13458/> (дата обращения – 15.05.2015).
9. Раздел «Морской транспорт» Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.mintrans.ru/news/detail.php?ELEMENT_ID=4931 (дата обращения – 15.05.2015).
10. Демарчук Л. Н. Перспективы освоения нефтегазовых месторождений Арктического шельфа / Л. Н. Демарчук // Молодой ученый. — 2014. — № 19. — С. 292–294.

УДК 656.615.071.4:681.3

Т. А. Вепринская,
канд. техн. наук, доц.;

З. А. Панасенко,
инж.

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ РОЛЛ-ТРЕЙЛЕРНОГО ПАРКА ЛИНЕЙНОЙ КОМПАНИИ

SPECIFICS OF USE THE QUEUING MODEL FOR SEARCH A RATIONAL NUMBER OF ROLL-TRAILERS FOR LINEAR COMPANY

Рассмотрен вопрос определения рациональной численности ролл-трейлеров линейной компании в зависимости от специфики грузопотока; обоснована необходимость поиска компромиссного решения, удовлетворяющего интересы обеих сторон процесса – линии и клиентуры; представлен двойственный алгоритм применения модели массового обслуживания для достижения рационального результата; основу двойственного алгоритма составляет переосмысление прибывающего и обслуживающего потоков модели массового обслуживания; помимо традиционных характеристик эффективности в модель введены дополнительные характеристики, позволяющие реализовать двойственный подход к решению проблемы; в ходе алгоритма по характеристикам эффективности выявляется область взаимных интересов сторон, определяется соответствующее этой области рациональное количество ролл-трейлеров линии и оценивается качество результата; в целях повышения эффективности управления ролл-трейлерным оборудованием компании предлагается кооперированное использование ресурсов отдельных линий, теоретическое изыскание иллюстрируется численными примерами

The issue of determination of a rational number of linear company's roll-trailers in dependence from the specifics of cargo's flow; a necessity of search of a compromise solution satisfactory for both sides of the process, line and client, is proved; the dual algorithm of application of queuing model for achievement of a rational result is represented; a base of the dual algorithm is an ability to reinterpret the conceptions «the arriving flow» and «the servicing flow» of the queuing model; besides the traditional efficiency characteristics the additional ones are entered into the model for to carry out the dual approach to solution of the problem; an area of mutual interests of the sides is established by efficiency characteristics; the rational number of line's roll-trailers is defined according to the compromise area, quality of result is estimated; cooperative use of equipment of separate lines is suggested for improving efficiency of management of company's roll-trailers; theoretical research is illustrated by numerical examples.

Ключевые слова: модель, массовое обслуживание, ролл-трейлер, ро-ро линия, ресурсы, двойственный алгоритм.

Keywords: model, queuing model, roll-trailer, ro-ro line, resources, dual algorithm.

МОРСКАЯ индустрия — это постоянно растущий, сложный бизнес, который существует в условиях взаимодействия с различными рынками, такими как фрахтовый, товарный и др. В управлении типичной морской компании могут быть следующие активы: порты (причалы, терминалы), суда, а также оборудование для консолидации груза (контейнеры, ролл-трейлеры, биг-беги). Эффективность деятельности каждой компании зависит от политики управления её ресурсами, что, прежде всего, связано с выявлением рационального потребного количества ресурсов.

Научное управление ресурсами осуществляется с помощью различных методов, в том числе посредством теории систем массового обслуживания.

Исследования последних лет в этой области представлены трудами как теоретического характера, например работы [1] – [3], так и научно-прикладной направленности.

Применительно к морскому транспорту научные приложения затрагивают, прежде всего, сферу эксплуатации специализированных линий в части ускорения их терминального обслуживания. В статье [4] сокращение стояночной составляющей в рейсооборотах линий достигается, прежде всего, за счёт рационализации управления ресурсами специализированных терминалов в части определения оптимальной численности причалов и порталных кранов. В статьях [5] и [6] рассматривается возможность упорядочения очереди при базировании контейнерных судов на один терминал и применительно к каждой конкретной дате прибытия. В работах [7] и [8] исследуется проблема «перегруженного» контейнерным потоком порта в свете модели массового обслуживания. Гораздо меньше внимания в научной литературе уделяется трамповому флоту. Одной из немногих разработок по теме оптимизации количества судов трампе при исполнении долгосрочного контракта в условиях конкретной производственной ситуации является раздел работы [9, с. 156–163]. В основном научные изыскания морской индустрии, будучи направлены на повышение эффективности эксплуатации специализированных терминалов и, в конечном итоге, флота, разрабатывают рекомендации лишь для одной сферы транспортных ресурсов — портовой.

В то же время специализированные линии также обладают ресурсами – флотом и средствами укрупнения грузов, рациональное управление которыми и обоснование их численности весьма существенно.

Так, для ро-ро линии этот вопрос касается не только определения потребности во флоте, но и в ролл-трейлерах. Так как суда работают в соответствии с жёстким расписанием, их численность определяется с помощью простой арифметической операции: деления рейсооборота на интервал между отходами.

Количественное обоснование другого актива линии — парка ролл-трейлеров — далеко не столь очевидно. Это связано с тем, что и прибытие груза (по размеру партий и их качественному составу) и время возврата порожних ролл-трейлеров под очередные погрузки носят случайный характер. В настоящее время тема определения размеров ролл-трейлерных парков линий практически не отражена в научных разработках. Возможно, это связано со сравнительно небольшой «затратностью» такого оборудования. Однако, роллкерные компании, стремясь к всемерному сокращению издержек, испытывают необходимость в решении этого вопроса, что и предопределило появление в печати статьи [10] и дальнейшее продолжение исследования, представляемое в настоящей статье.

Основой для изысканий явились данные о работе компании «ДФДС Сивейз», в состав которой входят четыре линии: Санкт-Петербург – Карлсхамн – Киль; Усть-Луга – Засниц – Киль; Клайпеда – Киль; Клайпеда – Засниц. Расписание работы линий схематически изображено на рис. 1.

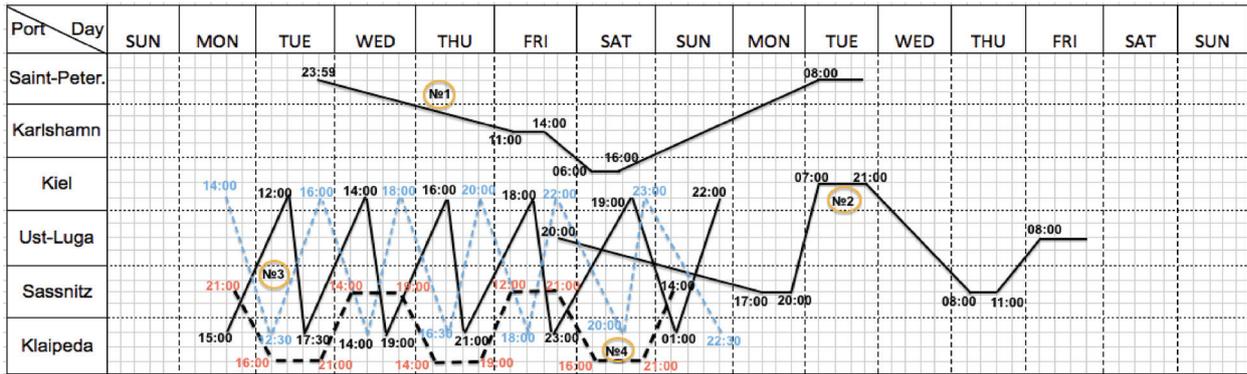


Рис. 1. Расписание работы судов компании «ДФДС Сивейз»¹

Эксплуатационная сущность вопроса подробно рассмотрена в статье [10], где заложены основы научного подхода к решению проблемы с использованием теории систем массового обслуживания. Аналитический аппарат базируется на основных положениях марковской системы массового обслуживания, таких как:

- условие наличия стационарного режима в системе $\rho = \lambda/\mu < 1$, где λ и μ — интенсивности потоков заявок и обслуживания соответственно;
- формула Литтла для среднего времени ожидания обслуживания: $\bar{t}_{\text{ожид}} = \bar{r}/\lambda$, где $\bar{r} = \frac{\rho^2}{1-\rho}$ — среднее число заявок в очереди на обслуживание.

Результативную сущность модели описывают специально введённые характеристики эффективности:

- искомое количество ролл-трейлеров $M = \mu \cdot T_{\text{об}}$, где $T_{\text{об}}$ — параметр модели, обозначающий время оборота ролл-трейлера;
- величина резерва, присутствующего в общем составе оборудования $R = (\mu - \lambda) \cdot T_{\text{об}}$;
- условные оценки устойчивости работы системы (в процентах):

– с позиции клиента $S_{\text{кл}} = (1 - \frac{\bar{t}_{\text{ожид}}}{t_p}) \cdot 100$, где t_p — транзитное время груза;

– с позиции линии $S_{\text{лин}} = (1 - R/M) \cdot 100$;

– с позиции системы в целом $S_{\text{сист}} = \frac{S_{\text{кл}} + S_{\text{лин}}}{2}$.

Предложенное в статье [10] решение может быть отнесено к частному случаю проблемы – перевозке грузов, достаточно близких по ценовым характеристикам, что позволяет использовать оптимизационную модель массового обслуживания со стоимостным показателем эффективности. Однако в условиях перевозки грузов, отличающихся по ценовым характеристикам, из-за отсутствия адекватных стоимостных параметров такой способ решения нецелесообразен.

В качестве продолжения исследования по сформулированной проблеме в настоящей статье предлагается новая трактовка модели массового обслуживания, позволяющая расширить возможности её применения для обобщённой ситуации перевозки разнообразных грузов.

Таким образом, в статье представлен ещё один вариант использования модели массового обслуживания для обоснования рациональной численности ролл-трейлерного парка ро-ро компании. Под рациональной численностью ролл-трейлеров понимается их минимальное количество, необходимое для выполнения конкурентоспособных (т.е. удовлетворяющих клиентуру) транспортных услуг.

Залогом получения качественных результатов модели является тщательно выверенная идентификация и количественная оценка её входных параметров. Для модели массового обслуживания

¹ Схема составлена по данным о работе паромных линий компании «ДФДС Сивейз», iparom.com

к таковым, прежде всего, относятся интенсивности потоков поступления и обслуживания заявок. В рассматриваемой в данной статье модели, описывающей конкретный транспортный процесс, изначальная сложность вопроса состоит в том, чтобы от имеющейся информации о грузопотоках в тоннах перейти к их исчислению в ролл-трейлерах.

Количественная оценка интенсивностей потоков базируется на анализе ситуации в части соизмеримости объёмов экспортных и импортных грузов и направлена на избежание переизбытка или недостатка в ролл-трейлерах.

Большое влияние на результаты модели оказывает параметр, характеризующий время оборота ролл-трейлера в системе перевозок. Чем ближе значение параметра к производственной реальности, тем достовернее результат расчётов. В случае рассмотрения группы линий (компания «ДФДС Сивейз») особую роль при установлении величины этого параметра играет кооперирование ресурсов отдельных линий. Кооперация может иметь место, если разные линии включают общий порт захода. В такой ситуации возможен взаимообмен порожними ролл-трейлерами для их скорейшей подачи под погрузку. Эта процедура призвана уменьшить время оборота ролл-трейлера и, тем самым, направлена на сокращение суммарной (по составляющим линиям) потребности в парке ролл-трейлеров.

Корректное обоснование всех исходных параметров модели в конечном итоге предопределяет снижение издержек управления ролл-трейлерным оборудованием.

Идентификация входных параметров, состоящая в обозначении потоков модели, отражает её эксплуатационное содержание, т.е. сопоставляет позиции участвующих в описываемом процессе сторон — линейной компании и клиента, (где «клиент» — обобщённое обозначение клиентуры). Очевидно, что клиент заинтересован в том, чтобы груз не задерживался в порту из-за нехватки свободных ролл-трейлеров. Следовательно, с позиции клиента число линейных ролл-трейлеров должно быть достаточно большим для обеспечения бесперебойности перевозочного процесса. В то же время избыточность парка оборудования нежелательна для линии.

Сущность предлагаемого решения проблемы заключается в том, чтобы при отсутствии возможности стоимостного выражения оптимизационной модели (приведённой в статье [10]), используя только «натуральные» показатели (время ожидания обслуживания, величина резервов), установить компромиссное рациональное решение путём выявления области пересечения взаимных интересов сторон. Рассматриваемый в данной статье принцип отыскания компромиссного взаимодовлетворяющего результата реализует двойственный подход к исследованию производственного (транспортного перевозочного) процесса случайного характера. В основу двойственного алгоритма решения заложена возможность переосмысления и переобозначения входящего и обслуживающего потоков, как показано на рис. 2.

В двойственной трактовке модели, дополнительно к традиционной, присутствует характеристика эффективности — среднее время ожидания обслуживающей стороной загрузки $\bar{t} = R/\mu$. В ходе алгоритма предлагается проведение расчётов применительно к двум вариантам видения проблемы — с позиции клиента и с позиции линии. Исходя из установленного параметра интенсивности грузопотока (λ или μ , см. рис. 2) и задаваясь различными значениями $\bar{t}_{\text{ожид}}$ по приведенным формулам можно определить параметр потока оборудования и все характеристики эффективности системы как промежуточный шаг вычислений. Результирующее рациональное решение находится в области «баланса» интересов обеих сторон (по сопоставимости характеристик эффективности) и ограничено двусторонними оценками снизу и сверху.

Пример выявления рационального компромиссного решения для одной группы линий компании «ДФДС Сивейз» (без учёта кооперации) приводится в табл. 1 и 2 (сопоставляемые характеристики эффективности обозначены одним цветом).

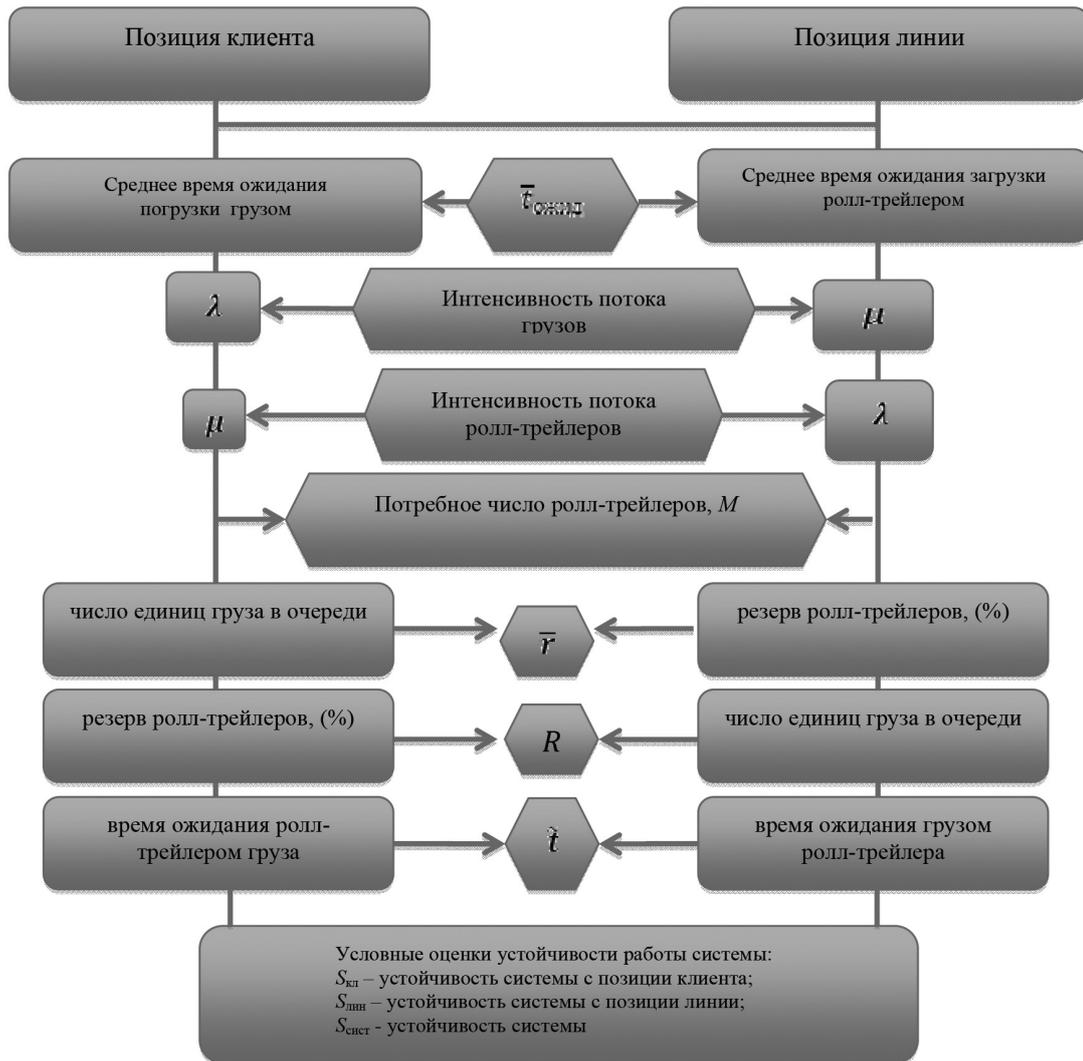


Рис. 2. Обозначение параметров и характеристик эффективности двойственной модели

Таблица 1

Результаты расчёта рациональной численности парка ролл-трейлеров линии 1:
Санкт-Петербург – Карлсхамн – Киль

Позиция клиента		Позиция линии	
$\bar{t}_{ожид}$, сут	1	$\bar{t}_{ожид}$, сут	1,5
μ	11,02	λ	9,47
\bar{r}	10,1	M	132,64
M	154,23	\bar{r}	14,21
R	12,83	\bar{r} , %	10,71
R , %	8,32	R	8,76
\tilde{t}	1,17	\tilde{t}	0,87
$S_{линии}$	91,68	$S_{линии}$	89,29
$S_{кли}$	85,71	$S_{кли}$	87,62
$S_{сист}$	88,70	$S_{сист}$	88,45

Количество ролл-трейлеров линии 1: $M'_1 = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{154,23 + 132,64}{2} = 144$.

Таблица 2

**Результаты расчёта рациональной численности парка ролл-трейлеров линии 2:
 Усть Луга – Засниц – Киль**

Позиция клиента		Позиция линии	
$\bar{t}_{\text{ожид}}, \text{сут}$	4,5	$\bar{t}_{\text{ожид}}, \text{сут}$	4,5
μ	0,67	λ	0,35
\bar{r}	2,25	M	4,85
M	9,33	\bar{r}	1,56
R	2,33	$\bar{r}, \%$	32,14
$R, \%$	25,00	R	2,15
\tilde{t}	3,50	\tilde{t}	4,31
$S_{\text{лин}}$	75,00	$S_{\text{лин}}$	67,86
$S_{\text{кл}}$	35,71	$S_{\text{кл}}$	38,46
$S_{\text{сист}}$	55,36	$S_{\text{сист}}$	53,16

Количество ролл-трейлеров линии 2: $M'_2 = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{9,33 + 4,85}{2} = 8$.

Как видно из данных табл. 2, оценки условной устойчивости работы линии 2 ниже, чем линии 1. Это объясняется тем, что вследствие резко выраженной несбалансированности экспортных и импортных грузопотоков линии 2 она в определённой мере является «слабым звеном» в группе.

Результат применения модели для определения рационального количества ролл-трейлеров группы линий 1 и 2, исходя из принципа кооперированного управления их ресурсами, приведён в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты расчёта рациональной численности парка ролл-трейлеров
 группы линий 1 и 2 при кооперации ресурсов**

Позиция клиента		Позиция линии	
$\bar{t}_{\text{ожид}}, \text{сут}$	1	$\bar{t}_{\text{ожид}}, \text{сут}$	1
M	11,52	λ	9,69
\bar{r}	10,6	M	111,39
M	132,48	\bar{r}	9,69
R	10,58	$\bar{r}, \%$	8,70
$R, \%$	7,99	R	10,51
\tilde{t}	0,92	\tilde{t}	0,99
$S_{\text{лин}}$	92,01	$S_{\text{лин}}$	91,30
$S_{\text{кл}}$	85,71	$S_{\text{кл}}$	85,84
$S_{\text{сист}}$	88,86	$S_{\text{сист}}$	88,57

Количество ролл-трейлеров группы линий при кооперации ресурсов

$$M' = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{132,48 + 111,39}{2} = 122$$

Сравнение результатов наглядно демонстрирует существенное уменьшение потребного числа ролл-трейлеров при их кооперированном использовании. Кроме того, в результате кооперации в целом по группе линий наблюдаются высокие оценки устойчивости обеих сторон процесса как линейной компании, так и клиента, несмотря на условно «слабое звено», представляемое линией 2.

Выводы:

- в статье решается вопрос определения рациональной численности ролл-трейлерного парка линейной компании с применением теории систем массового обслуживания;
- представлена специфическая трактовка модели массового обслуживания, реализующая двойственный подход к исследованию транспортного процесса случайного характера;
- разработанный двойственный алгоритм модели позволяет отыскать компромиссное рациональное решение, удовлетворяющее интересы обеих сторон процесса – линии и клиентуры;
- в целях повышения эффективности управления ролл-трейлерным оборудованием компании предлагается кооперированное использование ресурсов отдельных линий;
- теоретическое изыскание иллюстрируется численными примерами, отражающими конкретную производственную ситуацию.

Таким образом, содержание статьи не только восполняет существующий ныне пробел в научной литературе сферы эксплуатации морского транспорта, но и может быть полезным для практической деятельности.

Список литературы

1. Рыжиков Ю. И. Опыт расчёта сложных систем массового обслуживания / Ю. И. Рыжиков, А. В. Уланов // Информационно-управляющие системы. — 2009. — № 2. — С. 56–61.
2. Гольшева Н. М. Система обслуживания транспортных потоков с возможностью наложения очередей / Н. М. Гольшева // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. — 2013. — № 4. — С. 220–224.
3. Häggström O. Finite Markov chains and algorithmic applications / O. Häggström. — Cambridge University Press, 2002. — Т. 52.
4. Yamade T. Optimizing the handling capacity in a container terminal for investigating efficient handling systems / T. Yamade [et al.] // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. — 2003. — Т. 5. — № 1. — Pp. 597–608.
5. Kuo T. C. A case study of inter-arrival time distributions of container ships / T. C. Kuo [et al.] // Journal of Marine science and technology. — 2006. — Т. 14. — № 3. — Pp. 155–164.
6. Mavrakis D. A queueing model of maritime traffic in Bosphorus Straits / D. Mavrakis, N. Kontinakis // Simulation Modelling Practice and Theory. — 2008. — Т. 16. — № 3. — Pp. 315–328.
7. Oyatoye E. O. Application of Queueing theory to port congestion problem in Nigeria / E. O. Oyatoye et al // European Journal of Business and Management. — 2011. — Т. 3. — № 8. — Pp. 24–36.
8. Lechman R.C. Application of the queueing models in elasticity analysis / R. C. Lechman, P. Jula // Transportation Research, 2011. — Part E47. — Pp. 992–1004.
9. Прокофьев В. А. Управление работой морского флота: учеб. пособие. / В. А. Прокофьев, Т. А. Вепринская. — СПб.: Изд-во ГМА имени адмирала С. О. Макарова, 2010. — С. 240.
10. Вепринская Т. А. Применение модели массового обслуживания в методе рационального управления ресурсами компании на примере транспортного оборудования РО-РО линии / Т. А. Вепринская, З. А. Панасенко // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 4 (70). — С. 3–6.