

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-7-19

BENCHMARKING INDICATORS IN TECHNOLOGICAL DESIGN OF CONTAINER TERMINALS

A. L. Kuznetsov, A. V. Kirichenko, V. N. Shcherbakova-Slyusarenko

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

Modern container terminals both located on seaside and deep into the hinterland of cargo catchment areas, form the infrastructure of very complicated goods-conducting system, reflecting many conflicting interests of heterogeneous groups of participants. The studies show that at the stage of taking the main project decisions on design and construction of the terminals, at the phase of the technological design and in the everyday operation activity it is necessary to compare the control and management processes over the products and services generation with those of competing terminals and terminal cargo-conducting systems, thus making the benchmarking approach very important from practical point of view. The problem with this approach is in determination of the necessary and sufficient set of indicators, objectively describing the comparing objects (systems), as well as the criteria and techniques used for this multi-dimensional task. Accordingly, the research focuses on the development of the optimal collection of the key performance indicators for container terminals and the overall goods-conducting super-system helping to achieve operational and strategic goals for the management. The paper includes the authors interpretation of the main terms of this approach, offers the minimal set of KPI and their reference values. It also gives a proof that the KPI approach does not contradict to the analytic approach practiced by professional design and consulting organizations.

Keywords: container terminal, key performance indicators, technological design.

For citation:

Kuznetsov, Aleksandr L., Aleksandr V. Kirichenko, and Victoria N. Shcherbakova-Slyusarenko. "Benchmarking indicators in technological design of container terminals." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 7–19. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-7-19.

УДК 656.615

БЕНЧМАРКИНГОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

А. А. Кузнецов, А. В. Кириченко, В. Н. Щербакова-Слюсаренко

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская федерация

Известно, что в настоящее время контейнерные терминалы, как непосредственно находящиеся в портах, так и в глубине обслуживаемых транспортом территорий, являются элементами взаимозависимой сложной товаропроводящей системы, реализующей комплексы подчас противоречивых интересов многих групп участников транспортного рынка. В статье показано, что в процессе принятия проектных решений о строительстве и оборудовании терминалов на стадии технологического проектирования и в ходе повседневной их эксплуатации при оценке эффективности функционирования отдельных терминалов и товаропроводящей системы в целом целесообразно использование бенчмаркинга, который в общем виде можно интерпретировать как механизм сравнения продуктов, услуг и процессов одного терминала или его функционального элемента с продуктами, услугами или процессами другого терминала или конкурирующей транспортной системы. Показано, что проблемными вопросами при указанном подходе являются определение необходимого и достаточного перечня эксплуатационных и экономических измеряемых показате-

телей, при сопоставлении которых производится объективное сравнение, а также обоснование методики такого (многокритериального по определению) сравнения. Проведенное исследование направлено на определение для отдельных контейнерных терминалов и всей товаропроводящей системы в целом ключевых показателей эффективности (англ. Key Performance Indicators — KPI), т. е. показателей деятельности подразделений транспортных организаций, которые помогают организации в достижении стратегических и тактических (операционных) целей. Известно, что использование ключевых показателей эффективности даёт организации возможность оценить своё состояние и помочь в оценке реализации стратегии развития. В работе дана авторская интерпретация основных терминов указанного подхода применительно к транспортной отрасли, предложен перечень измеряемых и сопоставимых показателей. Показано, что частные показатели производительности и основанные на них KPI не противоречат детальным расчетам, выполняемым профессиональными проектными и консалтинговыми организациями. Структура статьи включает выделение проблемы, опирающееся на анализ недавних научных работ, её логистическую интерпретацию, обоснование расчетно-аналитических показателей, предложения о применении технологии KPI в технологическом проектировании, сравнение расчетных значений с мировой статистикой и выводы.

Ключевые слова: контейнерный терминал, ключевые показатели эффективности, технологическое проектирование.

Для цитирования:

Кузнецов А. Л. Бенчмаркинг-показатели в технологическом проектировании контейнерных терминалов / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 7–19. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-7-19.

Введение (Introduction)

В последние годы расширение глобальной сети морских контейнерных терминалов и рост конкуренции в этой сфере транспортных услуг заставляют уделять все большее внимание сравнению операционных и экономических показателей этих опорных элементов современной сети товаропроводящей [1], [2]. Имеется большое количество публикаций, устанавливающих набор значимых показателей, их количественный и качественный анализ, сравнение, рекомендации по их использованию в планировании развития и операционной деятельности как в общетранспортном масштабе [3], [4], так и применительно к отдельным регионам (в работе [5] — для отдельного порта, в работах [6], [7] — для отдельных приморских стран, в работе [8] — для крупного морского бассейна), транспортным схемам (в работе [9] — для магистральных контейнерных линий, в работе [10] — для порта-хаба, в работе [11] — для фидерных направлений, в работе [12] — для комплексной транспортной схемы), транспортным узлам и портам (в работах [13] – [15] рассматривается применение бенчмаркинг-подхода для портовых зон, в работе [16] рассматривается многофакторный анализ для планирования работы порта и портовых зон, в работе [17] приведен подход, основанный на многокритериальном анализе коммерческих и иных рисков портовой деятельности, в работах [18], [19] впервые для российских условий предприняты попытки формирования расширенной измеряемой системы эксплуатационных показателей для контейнерных терминалов, в работе [20] дан прогноз развития многокритериального подхода для оценки эффективности портов). Все это свидетельствует о том, что данная проблема еще не достигла своей парадигмальной формы. Актуальность ее поддерживается тем, что во многом исследование операционных показателей контейнерных терминалов коррелирует с известным в общей логистике подходом к оценке эффективности деятельности предприятий, основанном на бенчмаркинге и ключевых показателях эффективности (KPI — Key Performance Indicators) [21].

В то же время собранные статистические данные сформировали достаточный объем укрупненных показателей, которые с достаточной степенью репрезентативности характеризуют класс морских контейнерных терминалов, что позволяет использовать их в процедурах проектирования, особенно на начальных этапах, для оценки достоверности выходных проектных параметров и установления операционных стандартов в ходе эксплуатации.

Постепенно простота и самоочевидность подхода, основанного на использовании ключевых показателей эффективности работы порта, привела к тому, что он стал широко использоваться

и даже рассматриваться как противоположность расчетно-аналитического подхода, который использовался в практике проектно-конструкторских, консалдинговых и экспертных организаций.

Целью настоящей работы является установление соотношения между этими двумя подходами, которое позволит устранить эту двойственность.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Логистическая интерпретация

Ключевым в логистике является понятие объекта, выполняющего те или иные операции. Логистический объект представляет собой любую категорию, изучаемую в избранном аспекте и на выбранном уровне: экономические регионы, государства, транспортные узлы, больницы, банки, предприятия различного профиля, порты, терминалы, отдельные грузовые фронты и многое другое.

Назначением логистических объектов является выполнение определенных операций. Операции, выполняемые логистическим объектом, приводят к появлению продукта. В свою очередь, категория продукта включает в себя широкий спектр возможных результатов операций объекта



Рис. 1. Операция, выполняемая объектом

от производства товаров в чистом виде до оказания услуг тоже в чистом виде. Как правило, любой реальный продукт является некоторой совокупностью свойств как товара, так и услуг.

Условно простейший логистический объект, получающий определенный продукт $p(t)$ путем выполнения произвольной операции, показан на рис. 1.

Для характеристики операций (в частности, в целях проектирования и сравнения показателей работы) вводится понятие интенсивность операции $I_{\Delta t}(t)$, определяемой как количество произведенного продукта за выбранный интервал времени Δt (рис. 2).

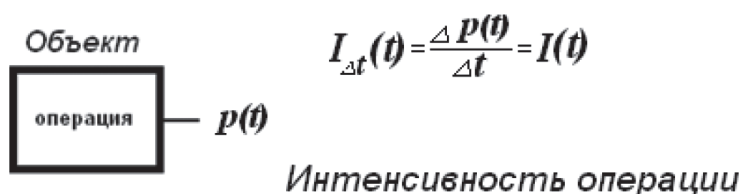


Рис. 2. Интенсивность операции

Интервал Δt в математике можно было бы устремить к нулю, тем самым в пределе перейдя к первой производной от функции получения продукта, т. е. к скорости операций в чистом виде. В практике ведения транспортно-логистического бизнеса интервалы остаются конечными: год, квартал, месяц, неделя, сутки, смена, окно из нескольких часов, час. Поскольку рабочие циклы самого производительного оборудования обычно близки к минуте, меньшие значения интервалов Δt обычно не используются. По сути дела, это приводит к тому, что все рассуждения проводятся не с помощью аппарата дифференциального исчисления, а с помощью конечно-разностных схем, наиболее подходящих для практических целей. С учетом ранее изложенного, для простоты дальнейшего изложения будем опускать символ Δt в записи интенсивности $I_{\Delta t}(t)$ и использовать вместо этого обозначение $I(t)$, подразумевая то или иное конкретное выбранное значение этого интервала.

Интенсивность операции является функцией, изменяющейся во времени. Ранее отмечалось, что, по сути, она является скоростью операции, конкретное значение которой в данный момент времени называется текущей интенсивностью. Максимально возможная интенсивность операции $I^{\max}$ называется ее мощностью. Интенсивность, усредненная за некоторый промежуток времени T , называется средней интенсивностью за этот период, которую обозначим как I_T . Напомним,

что средней интенсивностью является такое постоянное ее значение, которое за установленный интервал времени дает то же общее количество продукта, что и меняющаяся за это время текущая интенсивность. Указанные понятия поясняет рис. 3.

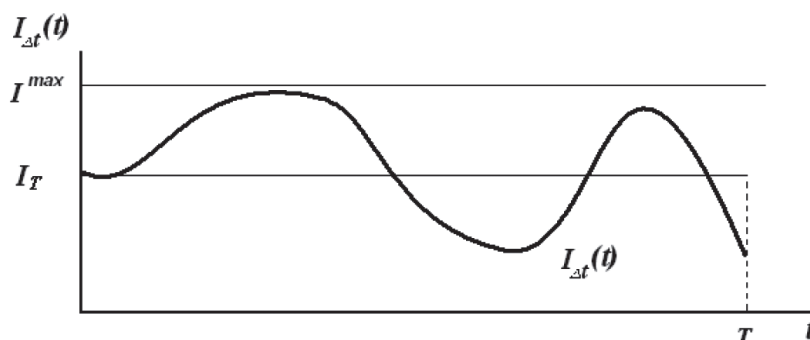


Рис. 3. Текущая, максимальная и средняя интенсивность операции

Степень использования потенциальной возможности операции характеризует относительная величина — *эффективность операции*, определяемая как отношение наблюдаемой интенсивности операции к ее мощности. Соответственно можно говорить о *текущей эффективности* операции $I(t)/I^{\max}$ и *средней эффективности* ее $I_T/I^{\max}$ за некоторый период. В большинстве случаев текущая эффективность имеет более привычное название — *текущее использование мощности*.

При выполнении операций, в результате которых получается продукт, объект потребляет (расходует, использует, привлекает) некоторые *ресурсы*. В обобщенном виде объект O , кото-



Рис. 4. Ресурс выполнения операции

рый производит некоторый продукт $p(t)$ и потребляет для этого ресурс $r(t)$, показан на рис. 4. Например, если исследуемым объектом выбран причал контейнерного терминала, то его продуктом может служить количество переваленных через него контейнеров. Ресурсом в данном примере могут служить работающие на причальном фронте краны.

Для характеристики степени использования ресурса при выполнении операции получения продукта вводится понятие *производительности ресурса* $P_{\Delta t}(t)$, определяемое как отношение количества произведенного продукта за интервал Δt к количеству использованного в этот период ресурса (рис. 5).

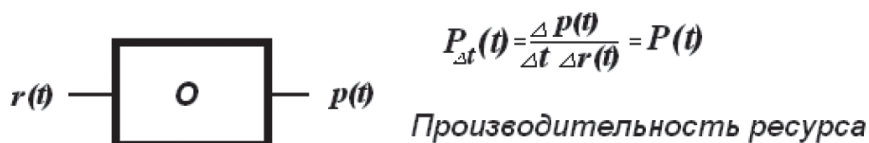


Рис. 5. Производительность ресурса

Аналогично ранее изложенному, в этом случае вводится понятие *максимальной производительности*, или *мощности использования ресурса* $P^{\max}$, и его *средней производительности* P_T . С учетом этого также можно говорить о *текущем использовании* максимальной производительности $P(t)/P^{\max}$ и *средней эффективности* ее $P_T/P^{\max}$.

Как правило, интенсивность (производительность) операций невозможно постоянно поддерживать на максимальном уровне, поскольку это требует выполнения многих внешних условий (требований постоянной доступности операционных ресурсов, непрерывности их восполнения, требований к качеству выполнения операций, отсутствию помех для ее выполнения и т. д.). Интенсивность операции, которая поддерживается при соблюдении дополнительных внешних условий

для ее выполнения, называется *пропускной способностью*. Например, пропускной способностью въездных ворот терминала с мощностью операций 100 авт./ч может являться интенсивность пропуска в 80 авт./ч, если это не приводит к образованию слишком длинной очереди в ожидании на обслуживание. Длина очереди в ожидании обслуживания здесь определяет его качество и может быть ограничена числом парковочных слотов. Иными словами, объект способен пропустить 100 авт./ч, но за счет неограниченной очереди (мощность). При ограничениях на качество обслуживания (в данном примере длина очереди), объект способен пропустить 80 авт./ч (пропускная способность).

В общем случае сколько-нибудь реальный исследуемый логистический объект одновременно выполняет несколько операций, производя в результате этого несколько продуктов. При этом в операции вовлекается определенное множество ресурсов (рис. 6).

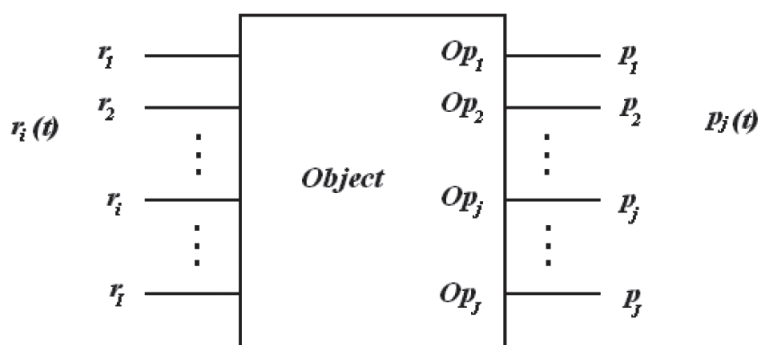


Рис. 6. Операции, продукты и ресурсы объекта

В отношении ресурсов в данном случае приходится говорить об их *частичной производительности*, характеризующей количество конкретного продукта, получаемого на единицу конкретного используемого ресурса (рис. 7).

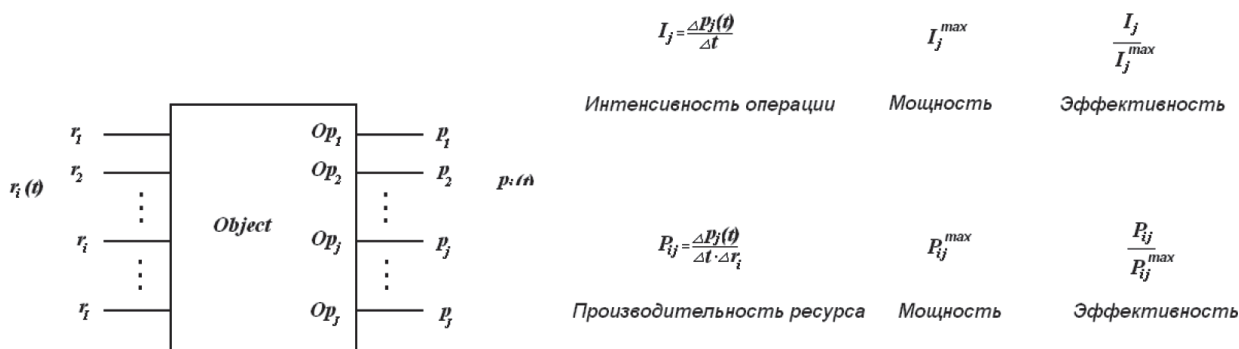


Рис. 7. Интенсивность операций и частичные производительности

Например, для рассматриваемого морского терминала примером частичной производительности будет являться производительность одного крана. Поскольку морской фронт и площадь терминала могут рассматриваться так же, как и его ресурсы, можно говорить о частичной производительности погонного метра причальной стенки (напряженность грузовой работы через причал, измеряемая количеством контейнеров на погонный метр длины причальной стенки) или о частичной производительности квадратного метра площади терминала. Данные характеристики в настоящее время широко используются для сравнительного анализа эксплуатационной деятельности различных портов и терминалов. Пример типовых значений ключевых показателей работы контейнерного терминала в их логистической интерпретации приведен на рис. 8.

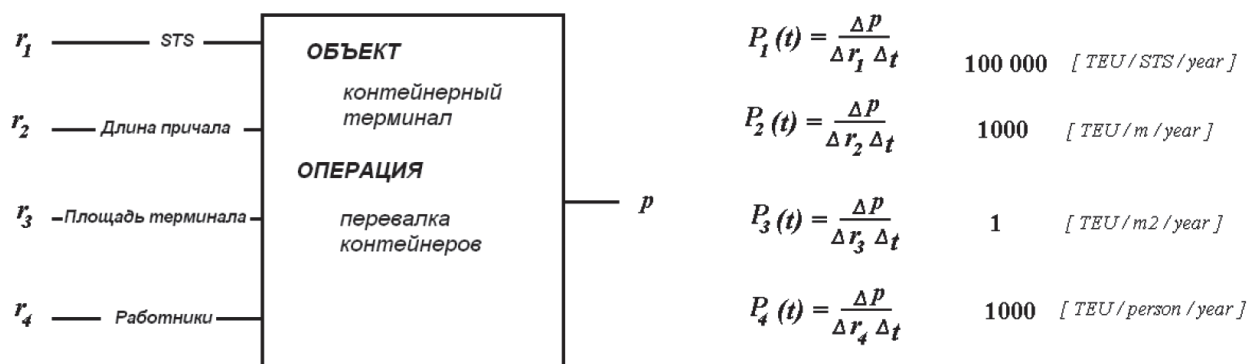


Рис. 8. Частичная производительность контейнерного терминала

Использование типовых для той или иной отрасли или производственной деятельности значений наиболее важных и характерных показателей в современной логистике называется *бенчмаркингом*. В ряде случаев используется вариант подхода, который имеет название *ключевых показателей эффективности* (KPI). Реализация этого подхода при достаточно полной статистике, обширной базе и определенных навыках интерпретации данных с учетом различия операционных условий позволяет получать вполне информативные первичные оценки проектируемого, модернизируемого или управляемого объекта логистической деятельности.

Расчетно-аналитические показатели

Методики расчетов операционных показателей в зарубежной практике являются интеллектуальной собственностью консалтинговых компаний и составляют конфиденциальные сведения. В отечественной практике технологические расчеты подобного рода регламентируются государственными и ведомственными нормами [23], в которых излишне подробно и неясно излагаются методы, которые современная информатика называет *потокowymi вычислениями*. В то же время сама логика расчетов достаточно проста и в большинстве практических случаев получаемые различными проектантами значения показателей оказываются разумно близкими.

В таблице приведены схемы расчетов основных показателей с комментариями, делающими ее очевидной, и указаны аналитические значения частных производительностей ресурсов.

Расчет технологических параметров и показателей эффективности

Показатель	Условное обозначение	Формула	Значение	Размерность
Годовой грузооборот	Q	—	1 000 000	TEU/г
Вместимость судна	V	—	4 300	TEU
Размер судозахода	k_1	—	0,25	
Вклад судна в грузооборот	v	$v = 2Vk_1$	2 150	TEU
Число судозаходов	$N_{\text{суд}}$	$N_{\text{суд}} = Q/v$	465	суд/г
Число кранов на судно	$n_{\text{кр}}$	—	3	STS/суд
Производительность кранов	$P_{\text{кр}}$	—	25	TEU/ч
Производительность причала	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{пр}} = P_{\text{кр}} n_{\text{кр}}$	75	TEU/ч
Длительность ПРР	$t_{\text{ПРР}}$	$t_{\text{ПРР}} = v/P_{\text{пр}}$	29	ч
Время вспомогательных операций	$t_{\text{всп}}$	—	4	ч
Время обработки судна	T	$T = t_{\text{всп}} + t_{\text{ПРР}}$	33	ч

Требуемый бюджет времени	TQ	$TQ = TN_{\text{суд}}$	15 194	ч
Бюджет астрономического времени	$T_{\text{астр}}$	—	8 760	ч
Потери по метеоусловиям	$k_{\text{мет}}$	—	0,90	%
Бюджет времени причала	$T_{\text{пр}}$	$T_{\text{пр}} = T_{\text{астр}} k_{\text{мет}}$	7 884	ч
Расчетное число причалов	$N_{\text{расч}}$	$N_{\text{расч}} = TQ/T_{\text{пр}}$	1,93	Ед.
Проектное число причалов	$N_{\text{пр}}$	—	3	Ед.
Занятость причалов	$k_{\text{зан}}$	$k_{\text{зан}} = N_{\text{расч}}/N_{\text{пр}}$	0,64	
Длина причала	$L_{\text{пр}}$	—	330	м
Длина МГФ	$L_{\text{МГФ}}$	$L_{\text{МГФ}} = L_{\text{пр}} N_{\text{пр}}$	990	м
Производительность причала	P_1	$P_1 = Q/L_{\text{МГФ}}$	1 010	TEU/м/г
Производительность STS	P_2	$P_2 = Q/N_{\text{пр}}/n_{\text{кр}}$	111 111	TEU/STS/г
Средний срок хранения	$T_{\text{хр}}$	—	7	сут
Интервал между судозаходами	$T_{\text{суд}}$	$T_{\text{суд}} = 365/N_{\text{суд}}$	0,78	сут
Емкость склада	E	$E = vT_{\text{хр}}/T_{\text{суд}}$	19 178	TEU
	E	$E = QT_{\text{хр}}/365$	19 178	TEU
Высота складирования	h	—	3	ярус
Площадь склада TGS	s	$s = Eh$	7 671	TGS
«Чистая» площадь TGS	s_0	—	15	м ²
Фактор технологической системы	k_2	—	3,00	
«Грязная» площадь TGS	S_0	$S_0 = s_0 k_2$	45	м ²
«Чистая» площадь основания склада	S_{CY}	$S_{\text{CY}} = S_0 s$	345 205	м ²
Коэффициент формы склада	k_3	—	1,50	
Грязная площадь склада	$S_{\text{скл}}$	$S_{\text{скл}} = S_{\text{CY}} k_3$	517 808	м ²
Доля склада в площади порта	k_4	—	1,50	
Площадь терминала	S	$S = S_{\text{скл}} k_4$	776 712	м ²
Производительность площади	P_3	$P_3 = Q/S$	1	TEU/м ² /г

Таким образом, на основе анализа результатов можно сделать вывод о том, что частные показатели производительности и основанные на них KPI не противоречат детальным расчетам, выполняемым профессиональными проектными и консалтинговыми организациями. Безусловно, детальные технологические расчеты содержат еще много иных важных параметров, без которых невозможно построить и эксплуатировать реальный контейнерный порт или терминал, но подход на основе бенчмаркинг-показателей и не претендует на то, чтобы заменить рабочее проектирование.

Применение технологии KPI в технологическом проектировании

В практике технологического проектирования портов и грузовых терминалов можно выделить две постановки проектной задачи: *прямую* и *обратную*. Прямая задача проектирования состоит в создании инфраструктуры и определении ее технологических параметров, обеспечивающих обработку расчетного грузопотока с заданной структурой и объемом, обратная задача проектирования заключается в оценке грузопотока, который может быть обработан заданной

инфраструктурой терминала с более или менее свободными значениями технологических параметров.

Рассмотренные ранее KPI делают получение первоначальных оценок параметров контейнерного терминала в прямой постановке проектной задачи очень простым. Действительно, если необходимо построить морской контейнерный терминал с годовым грузооборотом, например, в 600 000 TEU, то бенчмаркинговые показатели (см. рис. 8) указывают на то, что необходимо иметь причальный фронт общей длиной около 600 м, приобрести шесть причальных перегружателей, располагать общей площадью прибрежной территории в 60 га и иметь потенциальный ресурс рабочей силы, составляющий 600 подготовленных работников различной квалификации.

Другой пример дает представление о возможностях указанного подхода при обратной постановке задачи проектирования. Пусть, например, в распоряжении инвестора имеется участок береговой линии погонной длиной 1000 м и прилегающая к нему территория площадью 50 га, расположенная на расстоянии 500 км от перегруженного порта в центре крупного города. Имеет ли смысл начинать проект переноса туда контейнерного терминала? Рассмотренные выше показатели позволяют оценить пропускную способность морского грузового фронта на уровне 1 млн TEU, но доступная для развития площадь терминала ограничивает грузопоток до уровня 500 тыс. TEU. Кроме того, для деятельности терминала необходимо будет изыскать ресурс рабочей силы как минимум в 500 человек, что может оказаться проблематичным для подобного расположения порта.

Безусловно, использовать подобные подходы в разделах реальной проектной документации даже на предварительных этапах было бы весьма легкомысленно. В то же время, опираться на подобные бенчмаркинговые показатели при принятии решений о начале проекта и контроле за полученными в ходе проектных процедур параметрами, безусловно, служит примером «хорошей морской практики». Иными словами, указанный подход нельзя ни переоценивать, ни недооценивать: он составляет лишь один из инструментов обширного набора проектных методов является простым и надежным.

Сравнение расчетных значений с мировой статистикой

В литературе данные о значениях KPI, характеризующих операционные аспекты деятельности контейнерных терминалов по всему миру и в отдельных его регионах, представлены достаточно полно. Наиболее полная выборка приведена в работе [22], примеры данных из которой представлены на рис. 9.

а)

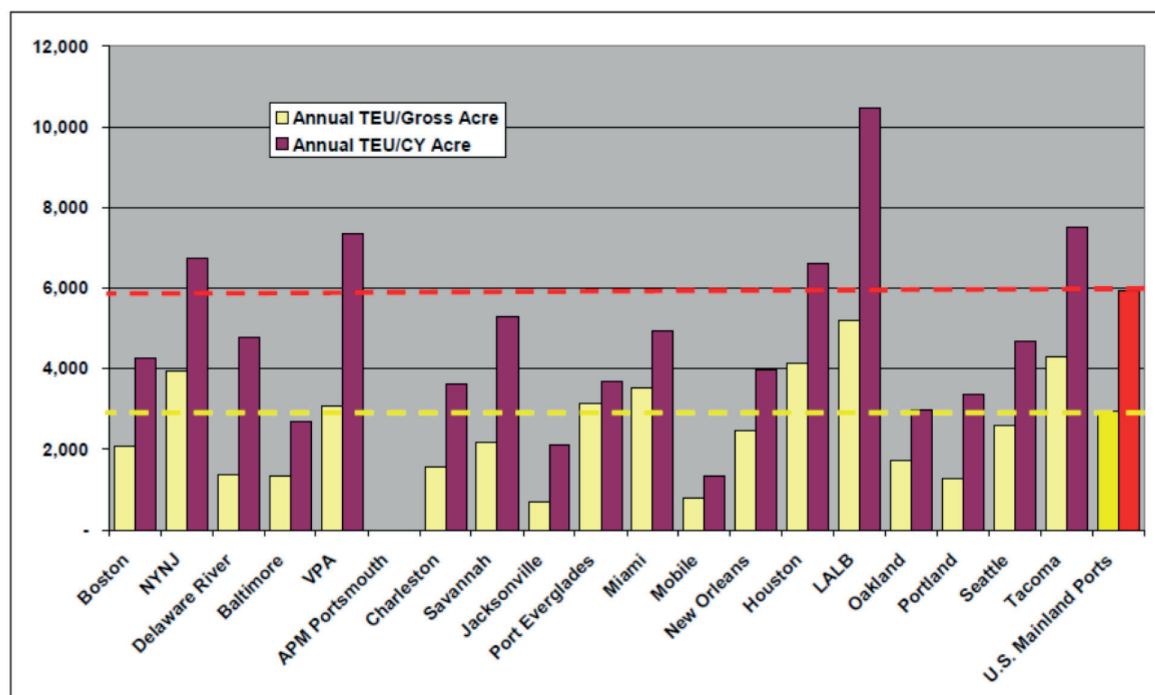


Рис. 9. Годовая производительность площади (а) и причального перегружателя (б) (Начало)

б)

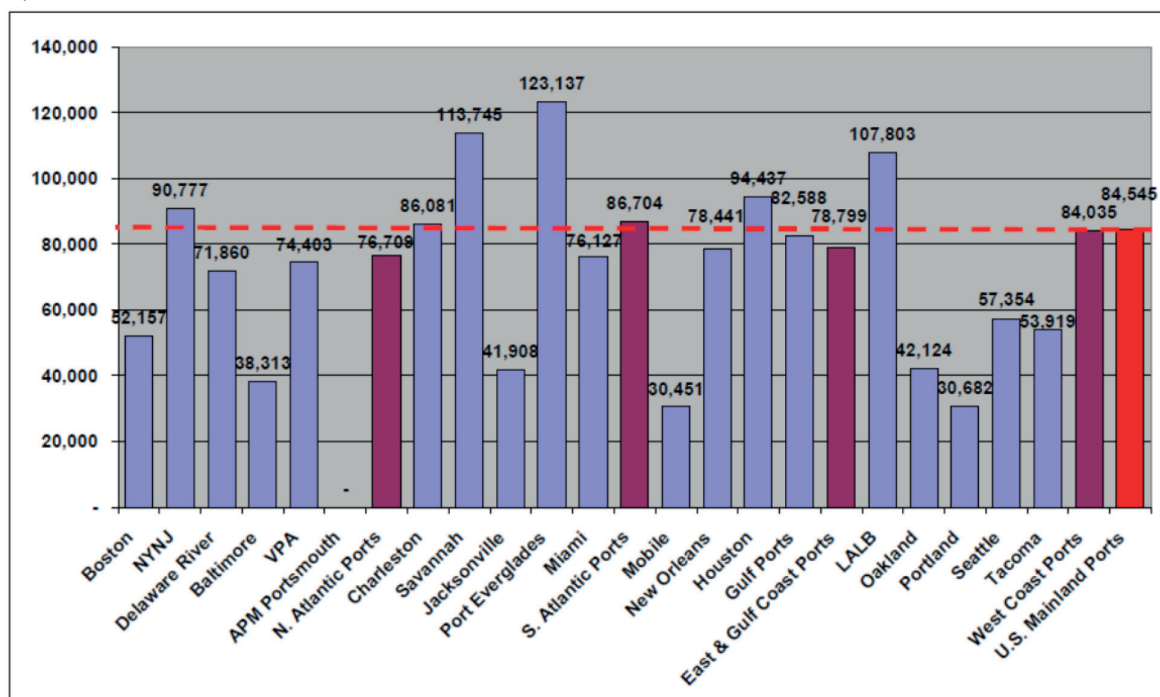
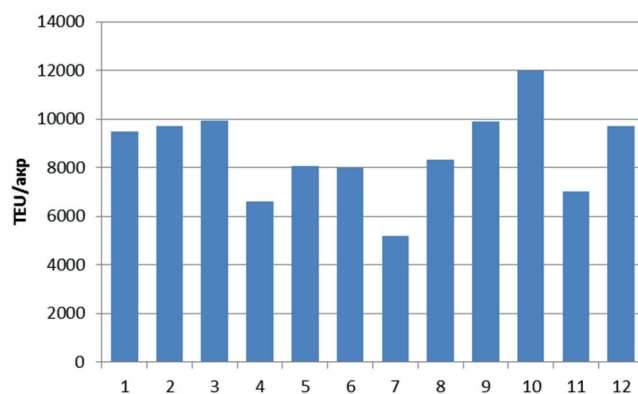


Рис. 9. Годовая производительность площади (а) и причального перегружателя (б) (Окончание)

На рис. 10 приведены результаты двенадцати статистических испытаний, т. е. расчетов, аналогичных приведенным в таблице, в которые внесена статистическая погрешность по методу Монте-Карло.

а)



б)

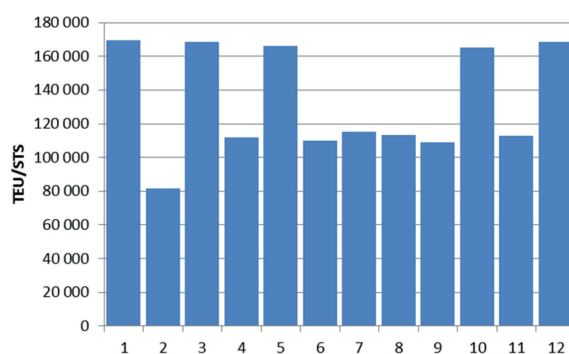


Рис. 10. Диаграммы годовых производительностей площади (а) и причального перегружателя (б), моделированных методом Монте-Карло

Сравнение рис. 9 и 10 позволяет сделать вывод о том, что получаемые при сборе статистических данных показатели по вероятности сходятся к расчетным значениям, которые дают расчетно-аналитические методы с применением технологии статистического моделирования.

Выводы (Conclusions)

1. В практике современного транспортного бизнеса имеются два диаметрально противоположных подхода к проектированию, управлению и оценке результатов деятельности контейнерных терминалов: расчетно-аналитический подход, использующий методику потоковых вычислений, и подход на основе укрупненных показателей, использующих идеологию KPI.

2. В профессиональной литературе и практике проектирования транспортных терминалов два этих подхода рассматриваются как взаимоисключающие и имеющие различные целевые группы пользователей: ключевые показатели эффективности обычно используются как формат сбора статистических параметров эксплуатации терминала в целях управления, в то время как расчетно-аналитические показатели составляют целевые значения проектов на этапе строительства и ввода в строй.

3. Проведенные в статье рассуждения устанавливают органичную связь обоих этих расчетных методик, доказывают совпадение получаемых с их помощью результатов на ранних стадиях технологического проектирования, определяют границы их применимости и возможности взаимосвязанного использования для повышения достоверности результатов проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gerbec M. Safety related key performance indicators for securing long-term business development – A case study / M. Gerbec, B. Kontić // *Safety Science*. — 2017. — Vol. 98. — Pp. 77–88. DOI: 10.1016/j.ssci.2017.06.004.
2. Sangwan K. S. Key Activities, Decision Variables and Performance Indicators of Reverse Logistics / K. S. Sangwan // *Procedia CIRP*. — 2017. — Vol. 61. — Pp. 257–262. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.185.
3. Vaghi C. Costs and Benefits of Speeding up Reporting Formalities in Maritime Transport / C. Vaghi, L. Lucietti // *Transportation Research Procedia*. — 2016. — Vol. 14. — Pp. 213–222. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.057.
4. Li N. Disruption management for truck appointment system at a container terminal: A green initiative / N. Li, G. Chen, K. Govindan, Z. Jin // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. — 2016. DOI: 10.1016/j.trd.2015.12.014.
5. Gogas M. Assessing the performance of intermodal city logistics terminals in Thessaloniki / M. Gogas, G. Adamos, E. Nathanail // *Transportation Research Procedia*. — 2017. — Vol. 24. — Pp. 17–24. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.061.
6. Dumitrache C. Improving Key Performance Indicators in Romanian Large Transport Companies / C. Dumitrache, O. Kherbash, M. L. Mocan // *Procedia—Social and Behavioral Sciences*. — 2016. — Vol. 221. — Pp. 211–217. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.108.
7. Eshtaiwi M. Determination of key performance indicators for measuring airport success: A case study in Libya / M. Eshtaiwi, I. Badi, A. Abdulshahed, T. E. Erkan // *Journal of Air Transport Management*. — 2017. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2017.12.004.
8. Morales-Fusco P. Assessing Customs Performance in the Mediterranean Ports. KPI Selection and Best Practices Identification as Part of the MEDNET Project / P. Morales-Fusco, S. Saurí, A. M. Lekka, I. Karousos // *Transportation Research Procedia*. — 2016. — Vol. 18. — Pp. 374–383. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.12.049.
9. Song D. P. Multi-objective optimization for planning liner shipping service with uncertain port times / D. P. Song, D. Li, P. Drake // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. — 2015. — Vol. 84. — Pp. 1–22. DOI: 10.1016/j.tre.2015.10.001.
10. Cheng M. C. B. An integrative approach in measuring hub-port supply chain performance: Potential contributions of a logistics and transport data exchange platform / M. C. B. Cheng, J. J. Wang // *Case Studies on Transport Policy*. — 2016. — Vol. 4. — Is. 2. — Pp. 150–160. DOI: 10.1016/j.cstp.2016.03.001.
11. Santini A. A branch-and-price approach to the feeder network design problem / A. Santini, C. E. M. Plum, S. Ropke // *European Journal of Operational Research*. — 2018. — Vol. 264. — Is. 2. — Pp. 607–622. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.06.063.

12. Woxenius J. Directness as a key performance indicator for freight transport chains / J. Woxenius // *Research in Transportation Economics*. — 2012. — Vol. 36. — Is. 1. — Pp. 63–72. DOI: 10.1016/j.retrec.2012.03.007.
13. Seguí X. New environmental performance baseline for inland ports: A benchmark for the European inland port sector / X. Seguí, M. Puig, E. Quintieri, C. Wooldridge, R. M. Darbra // *Environmental Science & Policy*. — 2016. — Vol. 58. — Pp. 29–40. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.12.014.
14. Antão P. Identification of Occupational Health, Safety, Security (OHSS) and Environmental Performance Indicators in port areas / P. Antão, M. Calderón, M. Puig, A. Michail, C. Wooldridge, R. M. Darbra // *Safety Science*. — 2016. — Vol. 85. — Pp. 266–275. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.12.031.
15. Puig M. Tool for the identification and implementation of Environmental Indicators in Ports (TEIP) / M. Puig, A. Pla, X. Seguí, R. M. Darbra // *Ocean & Coastal Management*. — 2017. — Vol. 140. — Pp. 34–45. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2017.02.017.
16. Schipper C. A. A sustainability assessment of ports and port-city plans: Comparing ambitions with achievements / C. A. Schipper, H. Vreugdenhil, M. P. C. de Jong // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. — 2017. — Vol. 57. — Pp. 84–111. DOI: 10.1016/j.trd.2017.08.017.
17. Yang Z. A new risk quantification approach in port facility security assessment / Z. Yang, A. K. Y. Ng, J. Wang // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. — 2014. — Vol. 59. — Pp. 72–90. DOI: 10.1016/j.trra.2013.10.025.
18. Кузнецов А. Л. Эволюция показателей, характеризующих эксплуатационную работу портов и терминалов / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 909–924. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-909-924.
19. Кузнецов А. Л. Оценка требований к оборудованию в контейнерных сетях доставки / А. Л. Кузнецов, А. В. Кириченко, В. Н. Щербакова-Слюсаренко // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 229–236. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-229-236.
20. Tran H. A Quality Management Framework for Seaports in their Supply Chains in the 21st Century / H. Tran, S. Cahoon, S. L. Chen // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. — 2011. — Vol. 27. — Is. 3. — Pp. 363–386. DOI: 10.1016/S2092-5212(11)80017-9.
21. Stricker N. Considering Interdependencies of KPIs – Possible Resource Efficiency and Effectiveness Improvements / N. Stricker, M. Micali, D. Dornfeld, G. Lanza // *Procedia Manufacturing*. — 2017. — Vol. 8. — Pp. 300–307. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.02.038.
22. Improving marine container terminal productivity: development of productivity measures, proposed services data, and initial collection of data from proposed sources. — Moraga, CA: The TigodaGrop, Inc., 2010. — 136 p.
23. РД 31.3.01.01-93 Руководство по технологическому проектированию морских портов. Минтранс РФ, 15.11.1993.

REFERENCES

1. Gerbec, Marko, and Branko Kontić. “Safety related key performance indicators for securing long-term business development—A case study.” *Safety Science* 98 (2017): 77–88. DOI: 10.1016/j.ssci.2017.06.004.
2. Sangwan, Kuldip Singh. “Key Activities, Decision Variables and Performance Indicators of Reverse Logistics.” *Procedia CIRP* 61 (2017): 257–262. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.185.
3. Vaghi, Carlo, and Luca Lucietti. “Costs and Benefits of Speeding up Reporting Formalities in Maritime Transport.” *Transportation Research Procedia* 14 (2016): 213–222. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.057.
4. Li, Na, Gang Chen, Kannan Govindan, and Zhihong Jin. “Disruption management for truck appointment system at a container terminal: A green initiative.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2016.
5. Gogas, Michael, Giannis Adamos, and Eftihia Nathanail. “Assessing the performance of intermodal city logistics terminals in Thessaloniki.” *Transportation Research Procedia* 24 (2017): 17–24. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.061.
6. Dumitrache, Cristian, Oualid Kherbash, and Marian Liviu Mocan. “Improving Key Performance Indicators in Romanian Large Transport Companies.” *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 221 (2016): 211–217. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.108.

7. Eshtaiwi, Mohamed, Ibrahim Badi, Ali Abdulshahed, and Turan Erman Erkan. "Determination of key performance indicators for measuring airport success: A case study in Libya." *Journal of Air Transport Management* (2017). DOI: 10.1016/j.jairtraman.2017.12.004.
8. Morales-Fusco Pau, Sergi Saurí, Anna Maria Lekka, and Iosif Karousos. "Assessing Customs Performance in the Mediterranean Ports. KPI Selection and Best Practices Identification as Part of the MEDNET Project." *Transportation Research Procedia* 18 (2016): 374–383. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.12.049.
9. Song, Dong-Ping, Dong Li, and Paul Drake. "Multi-objective optimization for planning liner shipping service with uncertain port times." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 84 (2015): 1–22. DOI: 10.1016/j.tre.2015.10.001.
10. Cheng, Michael C.B., and James J. Wang. "An integrative approach in measuring hub-port supply chain performance: Potential contributions of a logistics and transport data exchange platform." *Case Studies on Transport Policy* 4.2 (2016): 150–160. DOI: 10.1016/j.cstp.2016.03.001.
11. Santini, Alberto, Christian E.M. Plum, and Stefan Ropke. "A branch-and-price approach to the feeder network design problem." *European Journal of Operational Research* 264.2 (2018): 607–622. DOI: 10.1016/j.ejor.2017.06.063.
12. Woxenius, Johan. "Directness as a key performance indicator for freight transport chains." *Research in transportation economics* 36.1 (2012): 63–72. DOI: 10.1016/j.retrec.2012.03.007.
13. Seguí, Xavier, Martí Puig, Eugenio Quintieri, Chris Wooldridge, and Rosa Mari Darbra. "New environmental performance baseline for inland ports: a benchmark for the European inland port sector." *Environmental Science & Policy* 58 (2016): 29–40. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.12.014.
14. Antão, Pedro, Marlene Calderón, Martí Puig, Antonis Michail, Chris Wooldridge, and R.M. Darbra. "Identification of Occupational Health, Safety, Security (OHSS) and Environmental performance indicators in port areas." *Safety science* 85 (2016): 266–275. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.12.031.
15. Puig, Martí, Arnau Pla, Xavier Seguí, and Rosa Mari Darbra. "Tool for the identification and implementation of Environmental Indicators in Ports (TEIP)." *Ocean & Coastal Management* 140 (2017): 34–45. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2017.02.017.
16. Schipper, C. A., H. Vreugdenhil, and M. P. C. de Jong. "A sustainability assessment of ports and port-city plans: Comparing ambitions with achievements." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 57 (2017): 84–111. DOI: 10.1016/j.trd.2017.08.017.
17. Yang, Zaili, Adolf K.Y. Ng, and Jin Wang. "A new risk quantification approach in port facility security assessment." *Transportation research part A: policy and practice* 59 (2014): 72–90. DOI: 10.1016/j.tra.2013.10.025.
18. Kuznetsov, Aleksandr L., Aleksandr V. Kirichenko, and Victoria N. Shcherbakova-Slyusarenko. "The evolution of indicators describing the operation of ports and terminal." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.5 (2017): 909–924. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-909-924.
19. Kuznetsov, Aleksandr L., Aleksandr V. Kirichenko, and Victoria N. Shcherbakova-Slyusarenko. "Assessment of the equipment demand in container supply chains." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.2 (2017): 229–236. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-229-236.
20. Tran, Hai, Stephen Cahoon, and Shu-Ling Chen. "A Quality Management Framework for Seaports in their Supply Chains in the 21st Century." *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 27.3 (2011): 363–386. DOI: 10.1016/S2092-5212(11)80017-9.
21. Stricker, N., M. Micali, D. Dornfeld, and G. Lanza. "Considering Interdependencies of KPIs—Possible Resource Efficiency and Effectiveness Improvements." *Procedia Manufacturing* 8 (2017): 300–307. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.02.038.
22. *Improving marine container terminal productivity: development of productivity measures, proposed services data, and initial collection of data from proposed sources*. Moraga, CA: The TigodaGrop, Inc., 2010.
23. RD 31.3.01.01-93 Instructions on technological design of sea ports. Russian MoT, 15.11.1993.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецов Александр Львович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С.О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: thunder1950@yandex.ru, kaf_pgt@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kuznetsov, Aleksandr L. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: thunder1950@yandex.ru, kaf_pgt@gumrf.ru

Кириченко Александр Викторович —

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С.О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: a.v.kirichenko@mail.ru,
KirichenkoAV@gumrf.ru

Щербакова-Слюсаренко Виктория Николаевна —

кандидат технических наук,
генеральный директор
ООО «Логистический Парк «Янино»
Российская Федерация, Ленинградская область,
Всеволожский район, д. Янино-1, Торгово-
логистическая зона «Янино-1», №1
e-mail: victorysch@mail.ru

Kirichenko, Aleksandr V. —

Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,
Russian Federation
e-mail: a.v.kirichenko@mail.ru,
KirichenkoAV@gumrf.ru

Shcherbakova-Slyusarenko, Victoria N. —

PhD,
Chief Executive Officer
Yanino Logistics Park LLC
Vsevolozhsky District, Yanino-1 village, Trade and
logistics zone Yanino-1, No. 1, Leningrad Region,
Russian Federation
e-mail: victorysch@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16 января 2018 г.

Received: January 16, 2018.