

MODELING OF PARAMETERS OF THE VESSELS INFLUENCING DURATION OF THEIR CARGO HANDLING IN SERVICE ERGATIC SYSTEMS

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СУДОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИХ ГРУЗОВОЙ ОБРАБОТКИ В СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

I.M. Petrov, Ph. D., Professor ONMA, Deep Sea Captain

И.М. Петров, к.т.н., профессор ОНМА, к.д.п.

National University "Odessa Maritime Academy"

Національний університет «Одеська морська академія»

ABSTRACT

In the work the materials concerning the solution of a problem of modeling the extent of influence of the selected vessel parameters on the duration of its cargo handling in port are stated. Models are developed by means of methods of regression - correlation analysis for two types of vessel – general cargo carriers and bulk carriers. Models are of high reliability and can be used for increase of efficiency of operational planning and management of the cargo terminal of seaport. Also they are informatively useful for drawing up the cargo plan of the vessel.

The bibliography - 10 sources, illustrations-2.

Keywords: service ergatic system, operator, correlation analysis, multiplicative and polynomial models, general cargo carriers, bulk carriers, vessel parameters, nomogram.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.

При решении ряда задач, связанных с оперативным планированием и управлением основной деятельностью грузовых терминалов морских портов, постоянно возникает необходимость в оценке продолжительности стояночного времени судна в порту под грузовой обработкой. Неопределенность возникает, например, в случаях отсутствия у капитана чартер –партии, где приведены валовые нормы обработки (что, к сожалению, часто соответствует сложившейся практике), либо в обычаях порта нормы погрузки-выгрузки слишком «размыты» и установлены для обширной номенклатуры грузов, в ряде других ситуаций. Хорошая практика морского агентирования предполагает, в том числе, добросовестное выполнение судовым агентом супервайзерских функций, связанных с подготовкой и контролем над производством грузовых работ, а также необходимостью в целях оперативного планирования информировать

принципала, оперативный персонал порта, клиентуры и других пользователей о т.н. ETD (Expected Time of Departure) судна [1]. Также, в большей части применительно к судам- универсалам, агенты, как правило, до постановки судна к причалу не имеют карго –план. Особенно это касается случаев, когда судно имеет на борту мелкопартионные грузы, перевозимые по большому числу коносаментов. Тогда для повышения эффективности планирования портом грузовых работ в части подготовки специализированных бригад, необходимой перегрузочной техники и технологической оснастки нужных типов и в нужном количестве, также возникает необходимость определения количества отсеков, в которых могут располагаться партии конкретных грузов.

Соответственно реалиям практики система грузовой обработки судна в порту более адекватно рассматривается как подсистема сервисной эргатической системы (далее – СЭС), где в качестве компонентов присутствуют операторы (морской агент, оперативный персонал грузового терминала, стивидоры, члены экипажа, занятые на грузовых работах) + судно с его грузовыми устройствами, а также портовая перегрузочная техника с ее технологической оснасткой.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Проблемы оперативного управления и совершенствования обработки грузовых судов отчетливо проявились, начиная с конца 50-х гг. прошлого столетия. Это было связано с бурным ростом флота, расширением рынков мировой торговли, появлением новых технологий перевозки и перегрузки грузов. Немаловажное значение стало отводиться стояночной составляющей, и в ее составе, грузовой обработке в портах. Требования практики вызвали появление научных работ, посвященных совершенствованию планирования и управления портовой деятельностью. Среди ученых, разрабатывавших эти вопросы, следует отметить А.И. Брюма, Л.Д. Ветренко, П.Д. Ковалева, М.М. Горбатого, Л.М. Гаськова, Ю.Л. Дмитриева, Л.О. Деревича, Г.В. Поплавского, В.З. Ананьину, Е.Н. Воевудского, А.Р. Магомадова, Г.П. Столярова, А.А. Малаксиано, М.Я. Постана, И.В. Морозову, Е.Д. Крушкина, П.А. Макушева и других. Вместе с тем, можно отметить, что известные процессы последних десятилетий в морской отрасли замедлили и снизили объемы теоретических исследований, а разработанные ранее модели в силу ряда причин морально устарели, так как основываются на малореальных, для современной практики, предпосылках, не учитывают принцип эргатичности, на самом деле, СЭС. Другие же, наоборот, остаются сложными для практического применения, так как требуют трудоемких расчетов.

Основным методом для моделирования параметров, влияющих на продолжительность грузовой обработки судна, и обоснованием управленческих решений в рамках сервисной СЭС, выбран метод корреляционного моделирования.

Корреляционный анализ зародился в работах европейских биологов и статистиков Жоржа Кювье и Фрэнсиса Гальтона (XVIII - XIX вв.). В дальнейшем

разработка методов корреляции нашла отражение в трудах представителей британской школы К. Пирсона, Ф. Эджуорта, Р. Уэлдона, Ч. Спирмена, М. Кендалла, У. Гамильтона, российских математиков П.Л. Чебышева, А.А. Маркова, А.М. Ляпунова. В XX в. их разработки продолжили У. Госсет («Стюдент»), Р. Фишер, Дж. Себер, Ю. Нейман, А. Вальд, Н. Дрейпер, Г. Смит, советские математики А.Н. Колмогоров, Л.В. Канторович, Н.В. Смирнов, В.И. Романовский, Е.Е. Слуцкий, В.В. Налимов, С.А. Айвазян, Л.Л. Терехов, позднее В.Е. Гмурман, Г.В. Суходольский, А.В. Прохоров, И.И. Елисеева, Р.А. Шмойлова, М.М. Юзбашев и другие.

Подтверждение возможности использования корреляционного моделирования при решении проблем, подобным решаемой, приведены в ряде научных работ и практических пособий, например, [2,3,4]. Особенно привлекательной является возможность его практического применения для аппроксимации статистических и табличнозаданных функций многофакторными полиномиальными и мультипликативными моделями, а также возможностями номографирования [5] полученных функциональных зависимостей для оперативного принятия операторами СЭС управленческих решений в реальном режиме времени. Таким образом, разработанность и применимость корреляционного моделирования позволяет использовать этот инструмент для решения обозначенных проблем настоящего исследования.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Цель работы состоит в моделировании влияния параметров судов на продолжительность их грузовой обработки в портах, а также на основе анализа полученных зависимостей разработки рекомендаций операторам СЭС по их применению.

Объект исследования: СЭС управления производственной деятельностью транспортного судна во время его грузовой обработки в порту.

Предмет исследования: Разработка и обоснование адекватности применения операторами СЭС корреляционных зависимостей, аналитических выражений и номографических построений с учетом технико – эксплуатационных характеристик обслуживаемых судов и их грузовых планов.

Изложение материалов исследования с обоснованием полученных научных результатов

Настоящее исследование проведено на базе статистических данных, собранных автором за время его работы в Ильичевском морском агентстве «Инфлот» в 1993 – 2001 гг. В силу того, что под сервисное обслуживание «Инфлотом» попадали только суда 2-х типов – универсалы (сухогрузы) и балкеры, данное исследование распространяется на суда только этих двух типов. Заметим, что попытки выделить параметры и корреляционные зависимости предпринимались еще в 80-е годы XX в. [2,6], однако они базировались на технико-эксплуатационных характеристиках судов, построенных и эксплуатировавшихся в то время.

Вначале, на базе выдвинутой гипотезы, что время грузовой обработки судна определяется количеством технологических линий (ТЛ), которое необходимо

для обработки судна за минимально короткое время, и их производительностью, были собраны статистические данные, на базе которых проведено собственно исследование. На наш взгляд, количество TJN_{TL} , необходимых для обработки судна за минимально короткое время определяется такими параметрами судна (независимыми переменными, факторами), как: дедвейт судна Δ_w ; длина L и ширина B судна наибольшие; количество грузовых отсеков на судне N_0 ; количество грузовых отсеков, допускающих обработку судна двумя ТЛ N_{02} ; коэффициент трюмной неравномерности $k_{тн}$.

В данном исследовании сложные функциональные связи между параметрами судна и определяющими их факторами аппроксимированы при помощи простых математических функций (мультипликативных и полиномиальных моделей первого порядка), удобных для выполнения практических расчетов и обеспечивающих в то же время их высокую точность. Возможность применения корреляционных моделей допустима при наличии достаточного количества наблюдений для изучения (их число должно не менее, чем в 5-6 раз превышать число факторов, также встречаются рекомендации использовать пропорцию, не менее, чем в 10 раз превышающую это число [3,4,7]. Так как в нашей работе число наблюдений превышает количество факторов в многие десятки раз, то согласно закону больших чисел, обеспечивается взаимопогашение случайных колебаний [4,7]. Подчиненность исходных факторных признаков нормальному закону распределения тестировалась на основе корреляционного поля, где четко прослеживалась линейная тенденция, что подтверждает возможность применения выбранного математического аппарата [4,7].

При проведении расчетов предлагается придерживаться следующей последовательности:

а) по статистическим, справочным и аналитическим методам и данным производится оценка исследуемых параметров и определяющих их факторов для рассматриваемых типов судов;

б) при помощи методов корреляционного и регрессионного анализа на основании полученной выборки рассчитывается математическая модель, аппроксимирующая связь между данным параметром и определяющими его факторами. При этом использовалась программа шагового регрессионного анализа, предусматривающая проверку исходной матрицы на сингулярность и исключение зависимых переменных [7,8].

При выполнении расчетов предполагалось, что все отсеки заполнены, груз распределяется по грузовым помещениям пропорционально их грузместимости (что на практике учитывается при помощи коэффициента соизмерения), что для выполнения грузовых операций с судами используются порталные краны, в первом случае с навешиваемыми на крюк грузозахватными приспособлениями (ГЗП) для генгрузов согласно утвержденной в порту технологии, для обработки балкеров – в грейферном варианте.

В результате расчетов получены следующие регрессионные модели:
для универсальных судов (сухогрузов)

$$N_{TL} = 2,1395 + 0,0211L - 0,1756B + 0,5145N_o + 0,2798N_{o2} \quad (1)$$

$$N_{TL} = 1,1599\Delta_w^{0,0932} L^{0,4121} B^{-0,7321} N_o^{0,6123} (N_{o2} + 1)^{0,2039} \quad (2)$$

для балкеров

$$N_{TL} = 3,5323 + 0,0242L - 0,1589B + 0,4001N_{o2} \quad (3)$$

$$N_{TL} = 0,7358L^{0,8438} B^{-0,8731} N_o^{0,3112} (N_{o2} + 1)^{0,2501} \quad (4)$$

Получив значения параметров N_{TL} , время грузовой обработки судов оцениваем следующими выражениями [9,10]:

если выделенные грузовым терминалом ТЛ имеют одинаковую производительность Р

$$t_{cp} = \frac{Q_c}{N_{TL} * P * 24} + t_{don}, \text{ сут} \quad (5)$$

если ТЛ имеют разную производительность P_i , то

$$t_{cp} = \frac{Q_c}{\sum_i P_i * N_{TLi} * 24} + t_{don}, \text{ сут} \quad (6)$$

В формулах (5) и (6)

Q_c – количество груза на судне;

$t_{доп}$ – дополнительное время стоянки судна под грузовыми операциями, учитывающее время m переводов кранов с одного трюма на другой $t_{пер}$, переоснащение крановых ГЗП, а при обработке балкеров – ввод и вывод трюмных машин

$$t_{don} = \frac{t_{пер} * m}{N_{TL} * 24}, \text{ сут} \quad (7)$$

Иногда, как было сказано в начале, для возможности оперативного планирования работы грузового терминала по обработке судна до его постановки к причалу нужно определить количества отсеков, в которых может быть расположена партия груза конкретного наименования, $N_{оп}$. Путем сравнения справочных величин удельного погрузочного объема груза и удельной грузовместимости судна все грузы были априори классифицированы как «тяжелые» и «легкие». В результате расчетов были получены такие уравнения регрессии:

для «тяжелых» грузов ($u \leq \omega$)

$$N_{оп} = 1,2999 + 1,0712 \frac{Q_{II}}{Q} + 0,2003N_{ПЗ} - 0,3998k_{mn} \quad (8)$$

для «легких» грузов ($u > \omega$)

$$N_{оп} = 0,1433 + 1,4213 \frac{V_{п}}{\bar{W}} + 0,3111 N_{пз}, \quad (9)$$

где u - удельный погрузочный объем груза, м³/т;
 ω - удельная грузовместимость судна, м³/т;
 Q_n - масса партии груза, т;
 $\bar{Q}$ - средняя грузоподъемность одного отсека, т;
 $N_{пз}$ - количество портов захода;
 $V_{п}$ - объем партии груза, м³;
 $\bar{W}$ - средняя вместимость одного отсека, м³.

В рамках проведенного в исследовании дисперсионного анализа полученных моделей для оценки их значимости использовалась F- статистика

(критерий Фишера), расчетное значение которого находилось как отношение дисперсии исходного ряда наблюдений исследуемого показателя и несмещенной оценки дисперсии остаточной последовательности для данной модели. Как видно из табл. 1, поскольку $F_{расч} > F_{табл}$, полученные оценки моделей статистически надежны. Так как коэффициент множественной корреляции для всех моделей $R > 0,6$, то связи между результативными и наборами факторных показателей существенна [4,7,8].

Таблица 1 – Дисперсионный анализ полученных уравнений

№ уравнения	F- критерий расчетный	F- критерий табл. (99 %)	Коэффициент множественной корреляции R
1	481	3,32	0,79
2	695	3,02	0,87
3	79	3,79	0,78
4	198	3,32	0,88
8	166	3,79	0,72
9	93	4,61	0,69

Дисперсионный анализ уравнений (I) - (4), представленный в таблице, показал, что параметры $N_{ТЛ}$, рассчитанные по мультипликативным моделям, значительно более точны, чем параметры, определенные по полиномиальным моделям первого порядка [8]. Поэтому в практических расчетах рекомендуется использовать первый тип моделей.

Анализ моделей (8), (9), наоборот, выявил преимущество полиномиальных моделей первого порядка. Они рекомендуются для использования в практических расчетах, как более совершенные. Мультипликативные модели получились статистически менее значимые и в данной работе не приводятся.

Полученные модели достаточно просты и удобны для выполнения расчетов с помощью простейших средств вычислительной техники, например, в среде MSExcel или с помощью пакета статистических программ, например, STATA

под управлением основных операционных систем, а также для номографирования.

В целях упрощения процедур и замены вычислительной работы операторами СЭС по определению величины $N_{ог}$ простейшими геометрическими операциями на основании уравнений (8) и (9) построены и предлагаются для использования на практике номограммы, которые приведены на рис. 1 (для «тяжелых» грузов) и на рис. 2 (для «легких» грузов).

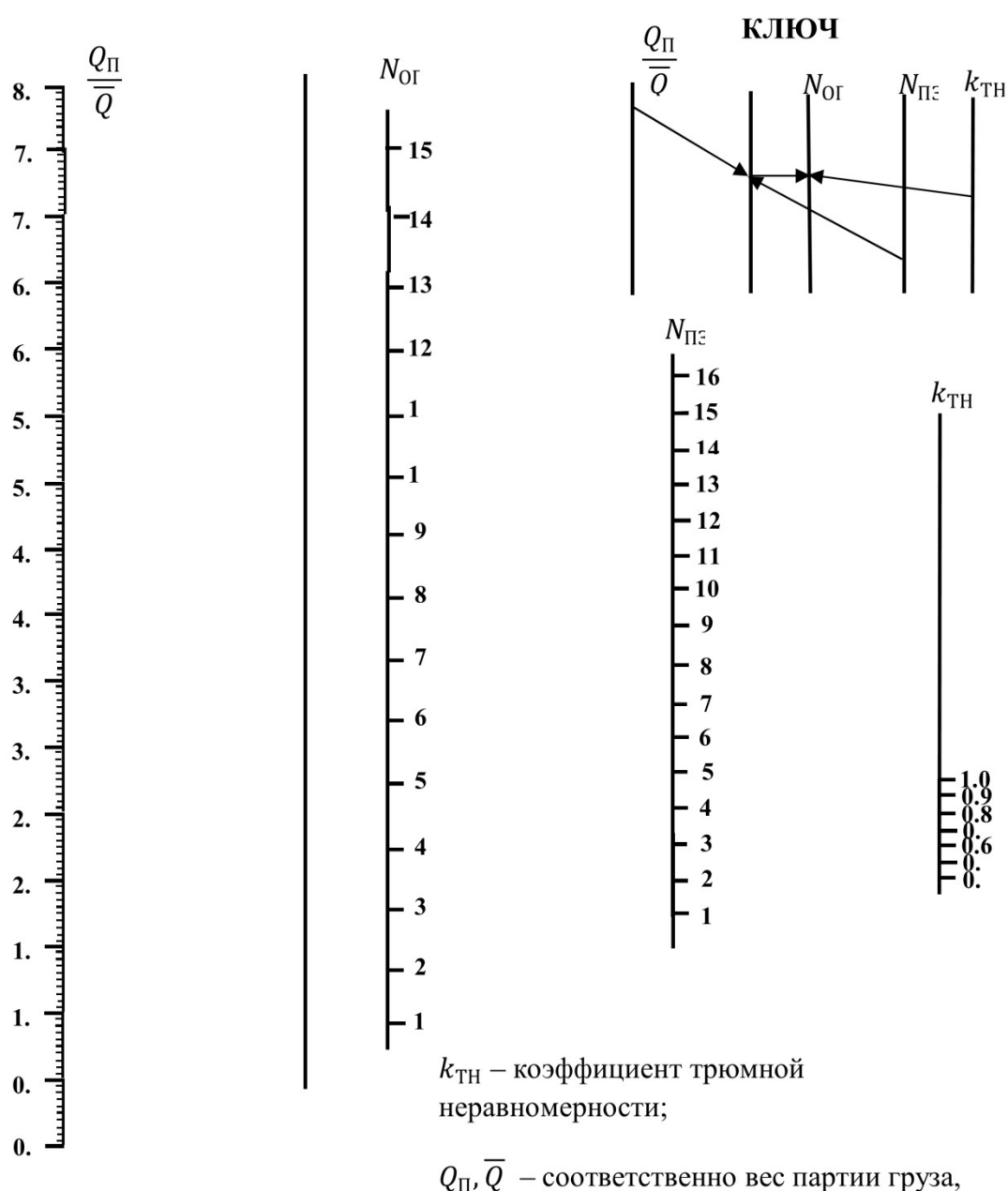
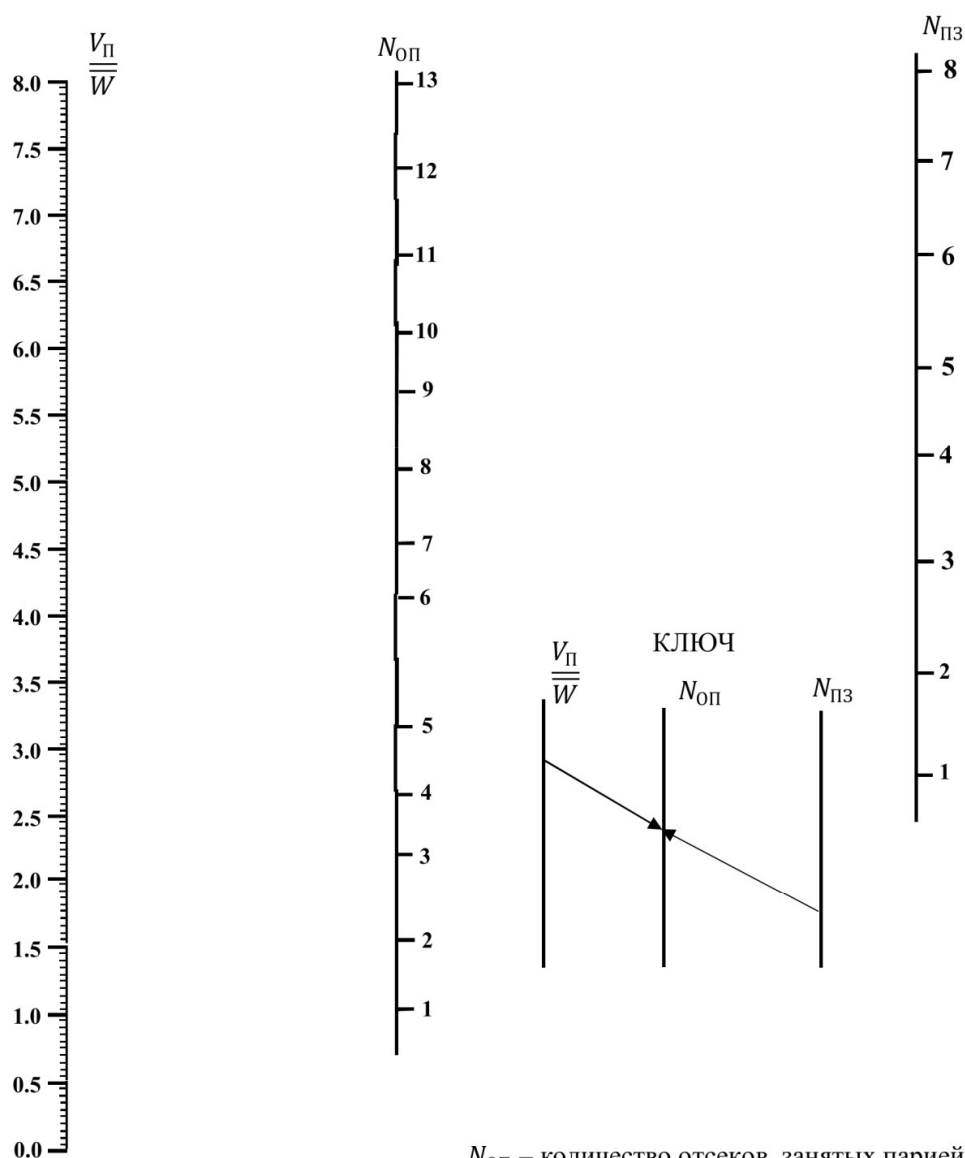


Рисунок 1 - Номограммы расчета количества отсеков на судне, занятых данной партией груза («тяжелый груз»)



$N_{\text{ОП}}$ – количество отсеков, занятых парией груза;

$N_{\text{ПЗ}}$ – количество портов захода;

$V_{\text{П}}, \overline{W}$ – соответственно объем, занимаемый партией груза, средняя вместимость отсека судна.

Рисунок 2 - Номограммы расчета количества отсеков на судне, занятых данной партией груза («легкий груз»)

Сравнение результатов расчетов параметров $N_{\text{ОП}}$, полученных аналитическим путем и по предлагаемым номограммам, показала достаточную точность последних в рамках поставленной задачи.

Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению

1. В процессе выполнения исследования были получены наиболее общие теоретические результаты, имеющие непосредственное значение для оптимального оперативного планирования работы грузового терминала по обработке транспортных судов.

2. Для оперативного планирования обработки судов в портах целесообразно использовать полученные и приведенные модели (2), (4), (8), (9). Точность оценок, получаемых при помощи этих моделей, несколько снижается в случае, если груз имеется не во всех отсеках судна и принцип пропорционального распределения груза по грузовым помещениям не соблюден. Тогда при расчетах вместо независимых переменных Δ_w , L , N_0 , N_{02} , $k_{т.н.}$ следует соответственно использовать показатели: количество груза на судне; суммарная длина загруженных отсеков; количество загруженных отсеков; количество отсеков с грузом, допускающее их обработку двумя ТЛ; коэффициент неравномерности загрузки отсеков.

3. Выполненный анализ соответствия точности полученных моделей реальным условиям практики позволяет сделать вывод, что эти модели обладают достаточной предсказательной силой и могут быть использованы для повышения эффективности оперативного планирования и управления работой грузового терминала морского порта, став удобным инструментом для операторов СЭС в оценивании продолжительности грузовой обработки сухогрузов и балкеров в отечественных портах. Также они служат информативным подспорьем в процессе разработки плана выгрузки судна в импорте и составлении грузового плана (в экспортном направлении) в рамках СЭС.

4. Можно предположить, что благодаря весьма высокой точности разработанной методики в сочетании с простотой ознакомления, овладение ею приведет к ее широкому распространению в среде операторов СЭС, занятых грузовой обработкой транспортных средств в морских портах.

5. Полученные модели могут быть рекомендованы к внедрению в учебный процесс студентов и курсантов морских учебных заведений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров И.М. Организационные и коммерческие взаимоотношения морского агента: [учебн. пособие] / И.М. Петров. – Севастополь: УМИ, 2007. – 131 с.
2. Воевудский Е.Н. Приложение корреляционных (регрессионных) моделей на морском транспорте: [учебн. пособие] / Е.Н. Воевудский. - М.: ЦРИА «Морфлот», 1980. – 96 с.
3. Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ (многофакторная регрессия): [учебн. пособие] / В.Б. Шишков. – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 363 с.
4. Айвазян С.А. Статистическое исследование зависимостей / С.А. Айвазян. – М.: Металлургия, 1988. – 326 с.
5. Мартынова О.Г. Основы номографии / О.Г. Мартынова, И.А. Надыршина. - Уфа: Уфимский гос. авиац. техн. ун-т. – 2010. – 179 с.
6. Малаксиано А. А. Метод оценки параметров судна / А.А. Малаксиано, И.М. Петров // Проблемы экономики и управления морским транспортом. – Одесса: ОИИМФ, В/О «Мортехинформреклама», 1988. – С. 41 - 45.
7. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе веществ

- / В.В. Налимов. – М.: Физматгиз, 1976. – 284 с.
8. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ в 2-х кн. / Н. Дрейпер, Г. Смит. - М.: Финансы и статистика, 1986. — 366 с.
 8. Винников В.В. Экономика морского транспорта (экономика морских перевозок): [учебник] / В.В. Винников. – 3-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Феникс, 2011. – 944 с.
 9. Фролов А.С. Организация, планирование и технология перегрузочных работ в морских портах: [учебник для высш. учеб. завед. ММФ] / А.С. Фролов, П.В. Кузьмин, А.В. Степанец. – М.: Транспорт, 1979. – 408 с.