

- С.О. Макарова. – 2015. – №1(29). – С.152-161
DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-152-161
4. Кириченко А.В. Оценка требований к оборудованию в контейнерных сетях доставки/ А.В. Кириченко, А.Л. Кузнецов, В.Н. Щербакова-Слюсаренко// Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2017. – №2(42). – с.229-236
DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-229-236
 5. Пимонова Е.О. Алгоритмическое и программное обеспечение процедур управления работой рефрижераторных терминалов: монография/ Е.О. Пимонова, Т.Т. Ниннас, К.Я. Эглите. – СПб.: Феникс, 2009. – 128 с.
 6. Каракаев А.Б., Хекерт Е.В., Галиев Г.А. Методические основы структурно-функционального подхода в системном анализе // Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– Т. 2. № 1 (43).– С. 77-81.
 7. Астреин В.В., Хекерт Е.В. Аналитическое представление термина "Система внутренней безопасности судна"//Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2015.– № 3 (12).– С. 12-14.
 8. Петросьян А.В., Хекерт Е.В. Улучшение безопасности мореплавания в районах действия систем управления движением судов // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2016.– № 2 (15).– С. 22-24.
 9. Studenikin D.E. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english) [текст] / D.E. Studenikin, E.V. Khekert, M.A. Modina // Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– Т. 1. № 1 (39).– С. 205-208.
- References**
1. Veselov A.P. Metodicheskoe obespechenie organizacii dostavki kontejnernih gruzov/ A.P.Veselov [i dr.]. – SPB, 2015. – 127 s.
 2. Glushkov S.V. Postroenie nechetkoj nejrosetevoj modeli informacionnoj sistemy upravleniya transportno-logisticheskim processom/ S.V.Glushkov, N.G.Levchenko, YU.YU.Pochesueva, E.M.Kon'kov// Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O.Makarova. – 2013. – №3(22). – s.100-111
DOI: 10.21821/2309-5180-2013-5-3-110-111
 3. Ivanova M.B. Logisticheskij podhod k organizacii sistemy «transportnyj process»/ M.B.Ivanova// Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O.Makarova. – 2015. – №1(29). – s.152-161
DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-152-161
 4. Kirichenko A.V. Ocenka trebovanij k oborudovaniyu v kontejnernih setyah dostavki/ A.V.Kirichenko, A.L.Kuznecov, V.N.SHCHerbakova-Slyusarenko// Vest-nik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O.Makarova. – 2017. – №2(42). – s.229-236
DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-229-236
 5. Pimonova E.O. Algoritmicheskoe i programmnnoe obespechenie procedur upravleniya rabotoj re-frizheratornyh terminalov: monografiya/ E.O.Pimonova, T.T.Ninnas, K.YA.Eglite. – SPB.: Feniks, 2009. – 128 s.
 6. Karakaev A.B., Hekert E.V., Galiev G.A.Metodicheskie osnovy strukturno-funkcional'nogo podhoda v sistemnom analize. Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. T. 2. № 1 (43). S. 77-81.
 7. Astrein V.V., Hekert E.V. Analiticheskoe predstavlenie termina "Sistema vnutrennej bezopasnosti sudna"//Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admiral F.F. Ushakova. 2015. № 3 (12). S. 12-14.
 8. Petros'yan A.V., Hekert E.V. Uluchshenie bezopasnosti moreplavaniya v raj-onah dejstviya sistem upravleniya dvizheniem sudov. Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admiral F.F. Ushakova. 2016. № 2 (15). S. 22-24.
 9. Studenikin D.E. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english) [текст] / D.E. Studenikin, E.V. Khekert, M.A. Modina // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1. № 1 (39). С. 205-208.

УДК 656.073

DOI: 10.34046/aumsuomt92/10

МОДЕЛИРУЮЩИЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ РЕФРИЖЕРАТОРНОГО ТЕРМИНАЛА

Я.Я. Эглит, доктор технических наук, профессор

К.Я. Эглите, доктор экономических наук, профессор

А.В. Андорская, старший преподаватель

О.Ю. Огальцова, аспирант

Представлен моделирующий алгоритм работы рефрижераторного терминала. На основании разработанного алгоритма выполнено программное обеспечение, с помощью которого осуществляется выбор оптимального варианта работы рефрижераторного терминала по обработке прибывающих на стивидорные работы суда.

Ключевые слова: эффективность управления, рефрижераторный терминал, рефрижераторный груз, технические средства, показатели, оптимальный вариант, критерий оптимальности.

The modeling algorithm of the refrigerator terminal operation is presented. Based on the developed algorithm, implemented the software, which is used for the selection of optimal refrigeration terminal to handle arriving for the stevedoring work of the court.

Keywords: management efficiency, refrigerated terminal, refrigerated cargo, technical means, indicators, the best option, the criterion of optimality.

Введение.

Математическое моделирование дает возможность формально описать любую сложную систему и с ее помощью исследовать различные режимы ее функционирования. При осуществлении перевозок происходят сложные и многообразные процессы, что не позволяет построить абсолютно адекватную математическую модель.

Поэтому в математической модели представлены только основные, характерные для исследуемой системы, закономерности.

При этом второстепенные факторы не принимаются во внимание, так как они являются несущественными.

Первым этапом разработки любой экономико-математической модели является изучение структуры составляющих явлений, характерных для рефрижераторных терминалов. В результате появляется содержательное описание реальной системы, в которой изложены закономерности, характерные для исследуемого процесса и поставлена прикладная задача.

В содержательном описании представлены все процессы, происходящие при эксплуатации рефрижераторного флота, включая отдельные количественные характеристики элементарных явлений при его работе. При этом указывается степень и характер взаимодействия между ними, место и значение каждого элементарного явления в общем процессе функционирования рассматриваемой реальной системы.

При составлении содержательного описания перевозок использован опыт эксплуатации подобных систем в России и за рубежом с учетом значительных изменений, произошедших с морским транспортом в связи с переходом к рыночной экономике.

Так, если раньше важное значение имели валовые показатели работы морского транспорта (например, тонно-мили), то в настоящее время основным показателем является обобщенный финансовый показатель «прибыль», так как он характеризует экономическую эффективность работы исследуемой системы.

Кроме того, в содержательном описании выполнена постановка прикладной задачи, определяющей цели моделирования системы. В ней содержится перечень используемых величин с указанием их практического предназначения и

требуемой точности. Несмотря на то, что в содержательном описании отсутствуют строгие математические формулировки, оно должно иметь четкое изложение идеи предполагаемого исследования, а также установить те факторы, которые должны учитываться при построении модели процесса.

В связи с тем, что описание процессов представлено в параметрическом виде, что дает возможность рассматривать различные варианты работы рефрижераторного флота, в содержательном описании дан перечень параметров работы рефрижераторного флота.

Необходимость разработки математической модели рефрижераторных перевозок вызвана их большим удельным весом в объеме перевозок многих судоходных компаний. Важнейшим критерием их функционирования является максимальная экономическая эффективность перевозок.

С помощью экономико-математической модели есть возможность выявить узкие места в работе флота, включая его соответствие его провозной способности с пропускной способностью терминалов, на которых обрабатываются суда флота, оптимизировать работу рефрижераторного флота, обосновать использование соответствующих типов судов на заданных направлениях перевозок, выбрать оптимальное управленческое решение при работе флота, усовершенствовать коммерческую работу, включая составленные договора морской перевозки, претензионную работу, расчет фрахта и др. Основной задачей модели является оптимизация управления перевозками в судоходной компании по выбранному критерию.

Математическая модель предполагает выполнение параметрического описания всех видов обслуживания и работы терминалов, включая:

- формирование входящего потока судов;
- ожидание свободного места у причала;
- ожидание лоцманского обслуживания;
- переход судна к причалу;
- стивидорные работы;
- необходимость перешвартовки;
- прием бункера, воды, продовольствия;
- профилактический ремонт;
- материально-техническое обслуживание;
- оформление всех видов документации;
- выбор маршрута движения;
- переход от причала до приемного бую;

- формирование каравана при ледовой проводке;
- укрытие от шторма;
- форс-мажорные обстоятельства;
- фрахтовые операции;
- агентирование;
- экспедирование груза и др.

Основными величинами, характеризующими состояние системы в рассматриваемый момент времени, является время прибытия судна на данный вид обслуживания, его тип и возможный вариант обслуживания.

Кроме того, каждое судно, требующее различных видов обслуживания, характеризуется признаками, равными 1, если судно в соответствии с маршрутом движения нуждается в этом обслуживании, в противном случае признак равен 0.

Для выбора оптимального технологического варианта проведения стивидорных работ в модели предусмотрено рассмотрение всех или возможных вариантов с учетом имеющейся перегрузочной техники.

При выборе судна на первоочередное обслуживание основным критерием являются приоритетные номера, которые присваиваются прибывшим в порт судам.

Далее в соответствии с присвоенным случайным образом номером варианта обслуживания судно обрабатывается в порту. После окончания обслуживания судну случайным образом выбирается маршрут движения.

После этого судно готовится к выходу из порта, оформив предварительно все грузовые и судовые документы. В зимний период формируется караван судов для ледокольной проводки до чистой воды. Суда смешанного река-море плавания требуют индивидуальной проводки. Если ледовая обстановка позволяет, то судно, предварительно взяв на борт лоцмана, следует до приемного буга, а затем в соответствии с выбранным маршрутом движения.

Выходная информация по оптимальному варианту ведется после исследования всех возможных реализаций. Эта информация включает в себя все необходимые эксплуатационно-экономические показатели.

Для получения оптимально варианта в работе произведено обоснование критериев оптимальности. Данный критерий может быть различным в зависимости от поставленной задачи. В модели предусмотрено использование в качестве критерия любого натурального или стоимостного показателя.

Таким образом, главной задачей разработанной экономико-математической модели является выбор оптимального варианта работы рефрижераторного терминала.

Алгоритмические и программные обеспечения процедур управления работы рефрижераторных терминалов.

Многообразие экономических связей России с зарубежными странами определяет схема транспортирования грузов по различным направлениям. Особое значение за последние годы стали иметь рефрижераторные перевозки грузов, что послужило причиной более детального изучения данной проблемы, так как управление работой рефрижераторного флота, как известно, имеет ряд особенностей и требует создания специального аппарата. Кроме того, морской транспорт необходимо рассматривать комплексно, так как провозная способность флота влияет на пропускную способность порта и наоборот. Влияния на управления флота различных факторов повлияет на выбор методики, которая бы наилучшим образом решала эту проблему. Стремление судоходных компаний достигнуть сокращения расходов, связанных с перевозками, является одним из важных факторов, влияющих на работу флота.

Изучение и анализ используемых на практике и освещенных в литературе исследований в области управления флотом позволяют сделать вывод о том, что вопрос представляет собой сложную и важную проблему, решение которой требует применения имитационного моделирования и современных компьютерных технологий. Существующие теория и практика управления работой решает задачу приближенно, не учитывая влияния многих основных факторов. Таким образом, главной предпосылкой данной работы явилась реальная необходимость дальнейшего совершенствования управления работой рефрижераторного флота в судоходных компаниях.

Анализ современных методов исследования динамики сложных систем позволил сделать вывод, что метод статистического моделирования является достаточно мощным аппаратом для исследования сложных систем, к которым можно отнести работу рефрижераторного флота.

Ниже на основании разработанного содержательного описания и формализованной схемы представлена экономико-математическая модель, позволяющая исследовать различные режимы работы рефрижераторного флота с целью выбора оптимального варианта.

Математическая модель представлена в

виде совокупности соотношений, которые связывают переменные состояния и параметры системы.

Для описания этих состояний используются следующие обозначения:

- \wedge — логическая конъюнкция;
- \vee — логическая дизъюнкция;
- ε — принадлежность множеству;
- \forall — квантор общности;
- \rightarrow — импликация;
- \leftrightarrow — двойная импликация;
- \neg — отрицание.

На приведенной блок-схеме моделируется процесс ожидания грузового обслуживания, переход судна к причалу, стивидорные работы.

Элемент подмножества обозначается. Условные обозначения, принятые в блок-схеме на рис. 1.

- P - номер порта, I, P ;
- i — номер заявки $i = I, J$;
- t^p — время поступления i -ой заявки в подмножество в p -ом структурном элементе;
- J_j — средняя длина судна j -готипа;
- l_{np} — свободная длина n -го причала в p -ом

в i — приоритетный номер i -госудна;

d_i — признак равный 1, если согласно q -ому

маршруту движения ожидается погрузка и 0, если выгрузка;

$M^p_q(t)$ — количество q -ого рода груза, находящегося в p -ои порту в момент времени t ;

G_{j-} — среднее количество q -ого рода груза, перевозимого в j -ом типе судна;

t^{p_q} — среднее время погрузки q -ого рода груза в p -ом порту на j -ый тип судна;

$y^i(t)$ — случайная величина, характеризующая отклонение от среднего времени погрузки;

t^{p_q} — среднее время выгрузки q -ого рода груза из j -ого типа судна в p -ом порту;

$y''(t)$ — случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения выгрузки;

$t^{tp}_{кпогр}$ — время окончания погрузки i -ого судна в p -ом порту;

$t^{tp}_{квыгр}$ — время окончания выгрузки в i -ом порту;

Z — признак, равный 1, если судно с грузом, и 0 в противном случае.

порту в момент времени t ;

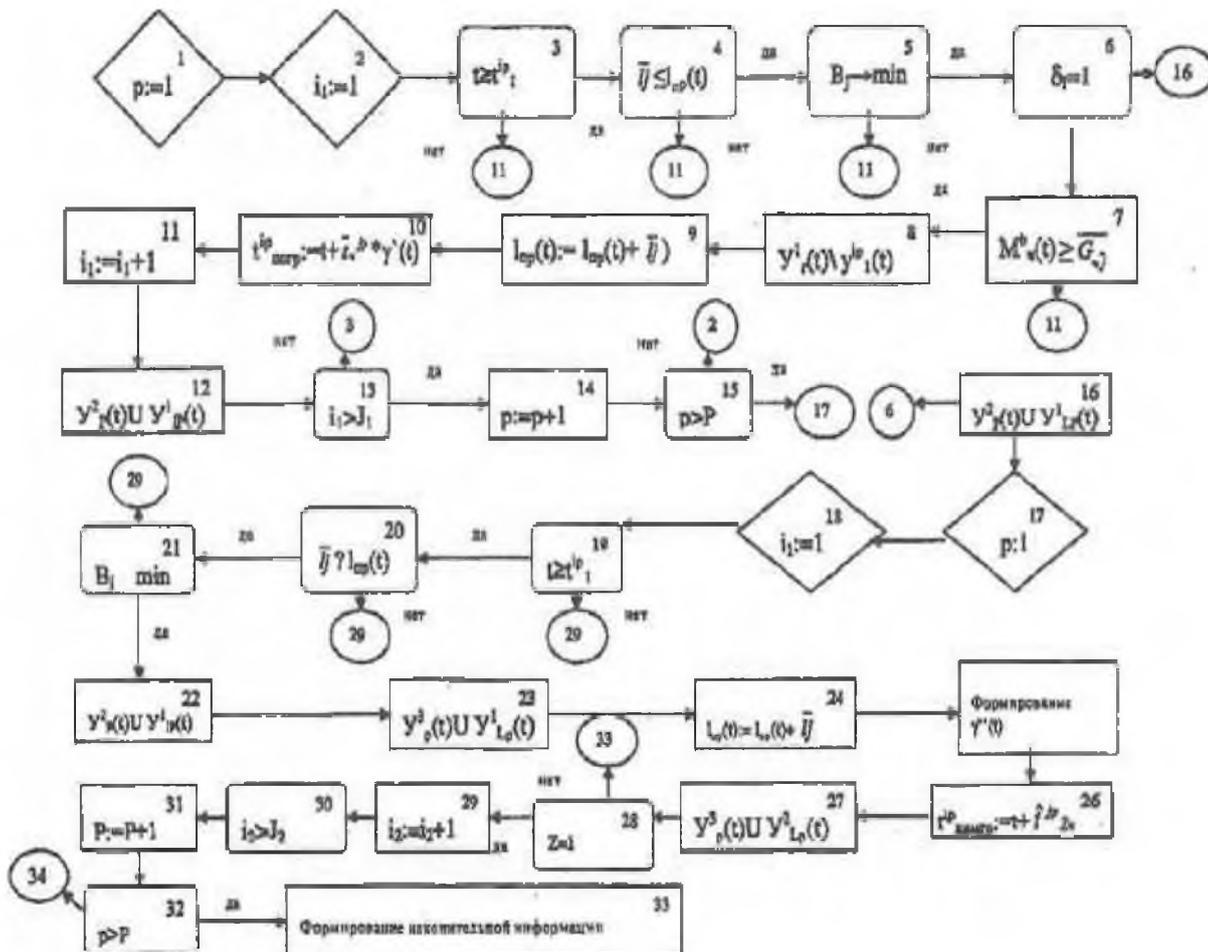


Рисунок 1 – Блок-схема

В подсистеме грузового обслуживания рефрижераторного флота производятся операции:

- выбор места у причала;
- определение вида грузовых работ;
- грузовые операции;
- перераспределение элементов по множествам;
- присвоение элементам новых параметров.

$$\begin{aligned} & (Y_{ip}^1(t); Y_{ip}^1(t) \in Y_p^1(t)) \wedge \{[(t \geq t_1^{ip}) \wedge (I, J \leq I_{np}(t)) \wedge (B_j > \min \\ & \wedge (\delta_I = 1) \wedge \\ & (M_{pq}^p(t) \geq G_{qj})] \rightarrow [(Y_{ip}^1(t) / y_{ip}^{ip}(t) \rightarrow (I_{np}(t) := I_{np}(t) + IJ) \\ & \rightarrow (t_{пор}^{ip} := t + t_q^{ip} \cdot \gamma'(t)) \\ & \rightarrow (i_1 := i_1 + 1) \rightarrow (Y_p^2(t) \cup Y_{ip}^1(t)) \rightarrow (i_1 > J_1) \rightarrow (p := p + 1) \\ & \rightarrow (p > P)]\} \end{aligned}$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y_p^1(t)$, что $t \geq t_1^{ip}$, т.е. заявка находится в момент времени t в подмножестве $Y_p^1(t)$, и для нее выполняется соотношение $lj \leq I_{np}$, то в первую очередь обслуживается заявка с минимальным приоритетным номером ($B_j \rightarrow \min$). Если выбранный случайным образом маршрут движения предполагает погрузку i -ой заявки ($\delta_I = 1$), то выявляется наличие груза ($M_{pq}^p(t) \geq G_{qj}$) для i -ой заявки j -оготипа. Если все условия выполняются, то элемент $y_{ip}^{ip}(t)$ исключается из подмножества $O^1(t)$. Далее формируется новое значение $I_{np}(t) := I_{np}(t) + IJ$, а элемент $Y_{ip}^1(t)$ заносится в подмножество $Y_p^2(t)$.

Если $t < t_1^{ip}$, $lj \leq I_{np}$ и B_j не имеет наименьшее значение, то цикл повторяется до тех пор, пока $i_1 \leq J_1$. Если же $i_1 > J_1$, то управление передается следующему структурному элементу. Функционирование данной части подсистемы записывается при $p > P$.

$$\begin{aligned} & (Y_p^2(t); Y_p^2(t) \in Y_p^2(t)) \wedge \{[(t \geq t_1^{ip}) \wedge (lj \leq I_{np}(t)) \wedge (I \leq I_{np}(t)) \wedge \\ & (B_0 \rightarrow \min) \rightarrow (Y_p^2(t) / y_{ip}^{ip}(t)) \rightarrow (Y_p^3(t) \cup Y_p^2(t)) \\ & \rightarrow [I_{np}(t) := I_{np}(t) + I] \rightarrow \\ & (t_{выгр}^{ip} := t + t_q^{ip} \cdot \gamma'(t)) \rightarrow (Y_p^3(t) \cup Y_p^2(t)) \rightarrow (Z = 1)] \rightarrow \\ & [(i_2 := i_2 + 1) \rightarrow (i_2 > J_2)] \\ & \rightarrow [(p := p + 1) \rightarrow (P > P)] \} \end{aligned}$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y_p^2(t)$; существует элемент $Y_p^2(t)$; такой, что $t > t_1^{ip}$, т.е. заявка прибыла в подмножество. Кроме того, выполняется соотношение $lj \leq I_{np}(t)$ и B_j имеет минимальное значение, то элемент $y_{ip}^{ip}(t)$ исключается из подмножества $Y_p^2(t)$ и включается в подмножество $Y_p^3(t)$. Далее формируется новое значение $I_{np}(t) := I_{np}(t) + I$, а также рассчитывается $(t_{выгр}^{ip} := t + t_q^{ip} \cdot \gamma'(t))$. Если

$Z = 1$, то формируется новое значение $i_2 := i_2 + 1$. Цикл повторяется до $i_2 > J_2$ после чего управление передается новому структурному элементу. Функционирование данной части подмножества заканчивается при $p > P$. Затем производится формирование накопительной информации по данной части подсистемы.

Ниже помещено математическое описание процесса формирования номера маршрута движения.

Условные обозначения:

t_{ip}^q – время прибытия i -ой заявки в подмножество $Y_p^q(t)$;

α_q – вероятность q -ого маршрута движения;

q – номер маршрута движения $q = I, Q$;

Zq – признак соответствия q -ому маршруту движения;

Ziq – признаки соответствия i -ой заявки q -ому маршруту движения;

m_p – количество судов, прибывающих в порт за период T ;

m_{pq} – количество судов, прибывающих в r -ый порт с q -ым маршрутом движения за период T ;

τ_i – случайная величина, равномерно распределенная на промежутке $[0, 1]$;

q_i – номер маршрута движения i -ой заявки;

q_{T-q} – номер маршрута движения заявки, следующей в тайм-чартере.

Из приведенного выше соотношения следует, что если существует в подсистеме $Y_p^q(t)$ элемент $Y_p^q(t)$ такой, что $t \geq t_{ip}^q$, то для такой заявки выбирается номер маршрута движения, в соответствии с которым заявка будет обслуживаться в системе.

На первом шаге производится операция присвоения ($\alpha_{qi} := 0$). Затем производится операция присвоения ($q := 1$), т.е. начинается выбор с первого маршрута движения. Если выполняется соотношение $Ziq = Zq$, то рассчитывается вероятность i -ого маршрута движения $\alpha_{q+1} := \alpha_q + m_{pq} / m_p$.

После этого формируется значение случайной величины τ_i , равномерно распределенной на промежутке $[0, 1]$. Если условие $\alpha_q \geq \tau_i$ выполняется, то производится операция присвоения новых значений: $m_{pq} := m_{pq} - 1$ и $m_p := m_p - 1$. Таким образом номер маршрута

для l -ого судна выбран ($q_i = q$).

Если же $Ziq \neq Zq$, производится операция присвоения нового $q := q + 1$. Если условие $q > Q$ выполняется, то управление передается 45-ому оператору ($i_4 := i_4 + 1$), а противном случае заново рассматривается вероятность $(q+1)$ -ого маршрута движения (40-ой оператор).

После того, как номер маршрута движения для i -ой заявки определен, производится проверка

$q_i = q_{T-ч}$. Если данное условие выполняется, то согласно данному номеру маршрута движения судно отфрахтовывается по грузы иностранных фрахтователей. Далее производится исключение элемента $Y^{ip}_4(t)$ из подмножества $Y^{p}_4(t)$ и включение в $Y^{p}_5(t)$.

Формирование номера маршрута движения производится по всем заявкам, находящимся в подмножестве $Y^{p}_4(t)$.

Работа рефрижераторных судов тайм-чартера представлена следующим соотношением, условные обозначения к которому приведены ниже:

t^{ip}_5 — время поступления i -ой заявки в подмножество $Y^{p}_5(t)$;

a_ϕ — вероятность ϕ -ого маршрута движения;

Φ' — номер маршрута движения, $\phi = l, \Phi$;

$Ю_\phi$ — признак соответствия ϕ -ому номеру маршрута движения;

$Ю_{i\phi}$ — признак соответствия i -ой заявки ϕ -ому маршруту движения;

$Ш_p$ — количество судов, прибывающих в p -ый порт за период времени T ;

$Ш_{p\phi}$ — количество судов, прибывающих в p -ый порт с ϕ -ым маршрутом за период времени T ;

z_i — случайная величина, равномерно распределенная на промежутке $[0, 1]$;

Φ_i — номер маршрута движения i -ой заявки;

$\Phi_{T-ч}$ — номер маршрута заявки, следующей в тайм-чартере;

$t^{пер}_{i\phi}$ — среднее время перехода в порт начала;

$t^{ip}_{i\phi}$ — время прибытия в тайм-чартер;

$\mathcal{R}'(t)$ — случайная величина, характеризующая отклонение от среднего времени перехода;

$t^{ip}_{i\phi}$ — среднее время нахождения в тайм-чартере;

$\beta''(t)$ — случайная величина, характеризующая отклонение.

Работа рефрижераторного флота в тайм-чартере описывается соотношениями:

$$\begin{aligned} & (Y^{ip}_5(t); Y^{ip}_5(t) \in Y^{p}_5(t)) \wedge \{[(t \geq t^{ip}_5) \wedge (a_\phi \neq 0)] \rightarrow [(Ю_{i\phi} = Ю_\phi) \\ & (a_{\phi+1} := a_\phi + Ш_{p\phi} / Ш_\phi)] \rightarrow (a_\phi \geq z_i) \rightarrow [(Ш_{p\phi} = Ш_{p\phi-1}) \wedge \\ & (Ш_\phi := Ш_\phi - 1)] \rightarrow \\ & [(i_s := i_s + 1) \wedge (i_s > J_s)] \rightarrow [(p := p + 1) \wedge (p > P)] \rightarrow \{[(\Phi := \Phi + 1) \\ & \wedge (\phi > \Phi)] \\ & \rightarrow (\Phi_i = \Phi_{T-ч}) \rightarrow [(t^{ip}_{i\phi} := t + t^{пер}_{i\phi} \cdot \beta'(t)) \rightarrow (t^{-ч}_{i\phi} := t + t^{-ч}_{i\phi} \cdot \beta''(t))] \\ & \rightarrow [(Y^{p}_5(t) / Y^{ip}_5(t)) \wedge (Y^{p}_6(t) / U Y^{ip}_5(t))]\} \end{aligned}$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y^{ip}_5(t)$ существует элемент $Y^{p}_5(t)$, такой, что $t \geq t^{ip}_5$, т.е. элемент прибыл в подмножество, то присваивается значение $a_\phi := 0$. Если $Ю_{i\phi} = Ю_\phi$, то $a_{\phi+1} := a_\phi + Ш_{p\phi} / Ш_\phi$. Далее фор-

мируется значение случайной величины z_i , равномерно распределенной на промежутке $[0, 1]$. Если $a_\phi \geq z_i$, то формируется новое значение $Ш_{p\phi} := Ш_{p\phi} - 1$ $Ш_\phi := Ш_\phi - 1$. Номер маршрута движения выбран, если $\Phi_i = \Phi_{T-ч}$.

Если же $Ю_{i\phi} \neq Ю_\phi$, то производится операция $\Phi := \Phi + 1$. Если условие $\phi > \Phi$ выполняется, то управление передается оператору 67, в противном случае заново рассчитывается вероятность $(\phi + 1)$ -го маршрута движения (оператор 62).

После того, как номер маршрута для i -ой заявки определен, производится проверка $\Phi_i = \Phi_{T-ч}$. Если данное условие выполняется, то судно отфрахтовывается для перевозки грузов иностранных фрахтователей.

Далее рассчитывается $t^{ip}_{i\phi} := t + t^{пер}_{i\phi} \cdot \beta'(t)$ и $t^{-ч}_{i\phi} := t + t^{-ч}_{i\phi} \cdot \beta''(t)$ и $Y^{p}_5(t) / Y^{ip}_5(t)$ и включается в подмножество $Y^{p}_6(t)$.

Перечисленные операции выполняются до тех пор, пока $p \leq P$. В противном случае управление передается оператору 79.

Техническое обслуживание и снабжение рефрижераторного флота представлено соотношениями, условные обозначения, которые приведены ниже:

p - номер порта, $p = 1, P$;

i_6 — номер заявки, $i_6 = I, J_6$;

j - тип судна; $j = /$;

t^{ip}_6 - время прибытия i_6 -ой заявки в подмножество $Y^{p}_6(t)$;

L_j - длина j -го судна;

$L_{pp}(t)$ — свободная длина p -ого причала в p -ом порту в момент времени t ;

V_i — приоритетный номер i -го судна;

γ_{jj} — признак равен 1, если i -ое судно j -го типа нуждается в техническом обслуживании, и 0 в противном случае;

λ_{ij} — признак равен 1, если i -ое судно j -го типа нуждается в бункере и продовольствии;

δ'_{ij} — признак равен 1, если i -ое судно j -го типа выводится из эксплуатации для ремонта, и 0 в противном случае;

$t^{p'}_{ij}$ — среднее время ремонта i -го судна j -го типа с выводом из эксплуатации;

$\delta''(t)$ — случайная величина, характеризующая отклонение от $t^{p'}_{ij}$;

t^{op}_{ij} — время окончания ремонта, ввод в эксплуатацию;

λ'_{ij} — признак равен 1, если i -ое судно j -го типа ремонт и снабжение выполняет во время грузового обслуживания, и 0 в противном случае;

t^{x}_{ijp} — среднее время хода i -го судна j -го типа;

t^{op}_{ijp} — время прибытия i -го судна j -го типа;

$\lambda''(t)$ – случайная величина, характеризующая отклонение от t_{ijp}^x ;

t_{ij}^{ro} – время грузового обслуживания i -го судна j -го типа;

t_{ij}^6 – среднее время бункеровки i -ого судна j -го типа;

$\lambda'''(t)$ – случайная величина при отклонении от t_{ij}^6 .

Соотношениями данный алгоритм описывается следующим образом:

$$[(Y^{ip_6}(t); Y^{ip_6}(t) \in Y^{p_6}(t))] \wedge \{[(t \geq t^{ip_6}) \wedge (L_j \leq L_{np}(t)) \wedge (B_i \rightarrow \min) \wedge (\gamma_{jj}=1)$$

$$(\lambda_{ij}=1) \wedge (\delta'_{ij}=1) \wedge (\lambda'_{ij}=1)] \rightarrow [(t^{ip_{ijn}}:=t+t_{ijp}^x \cdot \lambda''(t)) \wedge (Y^{p_6}(t)/Y^{ip_6}(t))(Y^{p_1}(t)$$

$$UY^{ip_6}(t)) \rightarrow [(t_{ij}^{o6}:=t+t_{ij}^6 \cdot \lambda'''(t)) \rightarrow (t^{op_{ijn}}:=t+t_{ij}^{p'} \cdot \delta''(t)) \rightarrow (i_6:=i_6+1) \wedge$$

Из приведенного соотношения следует, что если в подмножестве $Y^{p_6}(t)$ существует элемент $Y^{ip_6}(t)$ такой, что $t \geq t^{ip_6}$, т.е. прибыл в систему и есть свободное место у причала $L_j \leq L_{np}(t)$, то на обслуживание выбирается заявка с минимальным приоритетным номером B_i .

Если $(\gamma_{jj}=1)$, $(\lambda_{ij}=1)$, $(\delta'_{ij}=1)$, $(\lambda'_{ij}=1)$, то формируется новое значение: $t^{ip_{ijn}}:=t+t_{ijp}^x \cdot \lambda''(t)$ и элемент $Y^{ip_6}(t)$ удаляется из подмножества $Y^{p_6}(t)$ и вводится в подмножество $Y^{p_1}(t)$.

Затем формируется $(t_{ij}^{o6}:=t+ t_{ij}^6 \cdot \lambda'''(t))$ и $t^{op_{ijn}}:=t+t_{ij}^{p'} \cdot \delta''(t)$.

Перечисленные алгоритмы выполняются до тех пор, пока $p \leq P$. В противном случае управление передается оператору 97.

Разработанная модель служит для проведения следующих работ:

- оптимизация управления работой рефрижераторного флота в судоходных компаниях;
- прогнозирование работы флота на заданный период;
- перспективное планирование;
- оперативное планирование (регулирование);
- обоснования программы пополнения флота;
- контроль, учет, анализ.

Использование современных компьютерных технологий значительно увеличивает возможности имитационного моделирования, так как для его использования требуется подключение к автоматизированной информационной системе.

Заключение.

Исследование сущности управления рефрижераторными перевозками выявило необходимость комплексного решения задачи, учитывая

возможности всех подсистем морского транспорта. Рефрижераторные перевозки относятся к сложным системам, на базе которых проведение натурального эксперимента невозможно из-за высокой стоимости последнего. В связи с этим необходимо выработать метод, который бы наилучшим образом соответствовал поставленным задачам.

1. Выполненная оценка методов оптимизации управления рефрижераторными перевозками позволила систематизировать основные недостатки существующих теоретических подходов и обосновать основные требования к модели оптимизации: анализ всех видов обслуживания; совершенствование организации и планирования рефрижераторными перевозками; обоснование программы пополнения; оптимизация управления системой; контроль, учет и анализ работы системы. Важнейшим условием эффективной работы экономико-математической модели является ее взаимодействие с автоматизированной информационной системой.

2. Выполненный мониторинг мирового опыта управления рефрижераторными перевозками позволил систематизировать основные направления развития в этой области; оценить состояние фрахтового рынка для рефрижераторных судов, конкуренцию линейных и трамповых компаний. Сделанные выводы выявили перспективность и возможность применения основных сложившихся закономерностей в управлении рефрижераторными перевозками в российских транспортных компаниях.

3. В диссертационной работе разработана концепция создания системы управления рефрижераторными перевозками, обеспечивающая повышение эффективности деятельности транспортной компании в целом. Концепция базируется на результатах анализа сложившейся системы управления перевозками; на обосновании методического подхода к выбору оптимального варианта рефрижераторных перевозок; на исследовании факторов, влияющих на результативность перевозочной деятельности; на обобщении мирового опыта управления рефрижераторным судоходством.

4. В работе обоснована необходимость использования системного подхода, который является одним из основных методологических средств изучения интеграции или интегрированных зависимостей, позволяющих обнаружить в системе прирост качеств и закономерностей (интегральный эффект) по сравнению с исходными ее составляющими. Использование системного подхода позволило сформулировать систему

управления перевозками в судоходной компании, включающую пять основных подсистем: правовое обеспечение, методическое обеспечение, организационное обеспечение, информационное обеспечение, кадровое обеспечение.

5. Для обоснования оптимального варианта работы транспортной системы выполнено содержательно содержание рефрижераторных перевозок, которое является основной для построения формализованной схемы функционирования системы.

Литература

1. Анатольев А.Г. Международные торговые перевозки: учеб. пособие.– М.: МГИМО-пресс, 1993 — 195 с.
2. Анатольев Р.И. Мировой фрахтовый рынок: маркетинг, методы оценки уровня цен. – М.: Морфлот, 1990. – 216 с.
3. Бабкин Е.В. Управление качеством транспортной продукции: учеб. пособие.– СПб.: СПбГУВК, 1998.– 199 с.
4. Бабкин Е.В. Особенности маркетинга в различных сферах деятельности предприятия. – СПб.: СПбГУВК, 1988. –56 с.
5. Баканов М.Н. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 283 с.
6. Бенсон Д. Уайтхед Дж. Транспорт и доставка грузов. – М.: Транспорт, 1990.– 278 с.
7. Бондаренко В.С. Системы управления морским транспортом. –М.: Транспорт, 1979.– 278 с.
8. Бондаренко В.С. Махуренко Г.С. Опыт применения методов оптимального управления на морском транспорте. — М.: ЦБНТИ, 1979. –56 с.
9. Бондаренко В.С. Автоматизированные системы управления на морском транспорте. —М.: Транспорт, 1977. – 134 с.
10. Бондаренко С.Н. Вопросы моделирования задачи оперативного планирования загрузки порта//Труды ОИМФ. –1989. – С. 04-107.
11. Брухис Г.Е. Коммерческая эксплуатация морского транспорта. – М.: Морской транспорт, 1985.– 210с.
12. Булов А.А. Основы стратегического менеджмента: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУВК, 1999.–50 с.
13. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978.– 400 с,
14. Бутов А.С. Большая энциклопедия транспорта. Т.6. Речной транспорт.– СПб.: Элмор, 1998.– 312 с.
15. Воеводский Е.Н. Система моделей описания процессов управления на транспорте. – М.: Морфлот, 1989. – 89 с.
16. Каракаев А.Б., Хекерт Е.В., Галиев Г.А. Методические основы структурно-функционального подхода в системном анализе // Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– Т. 2.– № 1 (43)– С. 77-81.
17. Астреин В.В., Хекерт Е.В. Аналитическое представление термина "Система внутренней безопасности судна"//Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2015.– № 3 (12).– С. 12-14.
18. Петросьян А.В., Хекерт Е.В. Улучшение безопасности мореплавания в районах действия систем управления движением судов // Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2016.– № 2 (15).– С. 22-24.
19. Кондратьев С.И., Печников А.Н., Хекерт Е.В. Эргономический подход к оцениванию деятельности судовых специалистов: суть проблемы и подход к ее решению //Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 4-4 (42).– С. 166-174.
20. Панамарев В., Хекерт Е.В. Расчет концентрации окислов азота для котельной установки AALBORG MISSIONOL с топочным устройством kbsd-1900 и сравнение с экспериментальными данными // Эксплуатация морского транспорта.– 2015.– № 3 (76).– С. 75.
21. Астреин В.В., Хекерт Е.В. Аналитическое представление термина "система внутренней безопасности судна"// Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова.– 2015.– № 3 (12).– С. 12-14.
22. Кондратьев С.И., Астреин В.В., Боран-Кешипян А.Л. Методика рефлексивной оценки эффективности ИСППР безопасности судовождения в условиях переходного периода// Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 1-3 (41).– С. 156-161.
23. Кондратьев С.И., Боран-Кешипян А.Л., Попов В.В. Оптимизация надежности каналов обмена данных в связных системах национальной концепции российского сегмента е-навигации Азово-Черноморского бассейна// Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 1-3 (41).– С. 162-169.
24. Кондратьев С.И., Лицкевич А.П. О средствах ближней навигации для автоматизации процессов проводки и швартовки судов в местах стесненного маневрирования. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки.– 2006.– № S.– С. 34-36.

REFERENCES

1. Anatol'ev A.G. Mezhdunarodnye togovye perevozki: Ucheb. Posobie - M.:MGIMO-press,1993 — 195s.
2. Anatol'ev R.I. Mirovoj frahtovyy rynek: marketing, metody ocenki urovnya cen. - M.: Morflot, 1990. - 216s.
3. Babkin E.V. Upravlenie kachestvom transportnoj produkcii: Ucheb. Posobie.-SPb.: SPbGUVK, 1998.- 199s.
4. Babkin E.V. Osobennosti marketinga v razlichnyh sferah deyatel'nosti predpriyatiya - SPb: SPbGUVK, 1988. -56s.
5. Bakanov M.N. Teoriya ekonomicheskogo analiza. - M.:Finansy i statistika, 1993. -283s.
6. Benson D. Uajthed Dzh. Transport i dostavka gruzov. — M.: Transport, 1990.—278s.

7. Bondarenko V.S. Sistemy upravleniya morskim transportom. — M.: Transport, 1979.-278s.
8. Bondarenko V.S. Mahurenko G.S. Opyt primeneniya metodov optimal'nogo upravleniya na morskome transporte. — M.: CBNTI, 1979. -56s.
9. Bondarenko V.S. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya na morskome transporte. —M.: Transport, 1977. -134s.
10. Bondarenko S.N. Voprosy modelirovaniya zadachi operativnogo planirovaniya zagruzki porta//Trudy OIMF. —1989. — s. 04-107.
11. Bruhis G.E. Kommercheskaya ekspluatatsiya morskogo transporta. -M: Morskoy transport, 1985.-210s.
12. Bulov A.A. Osnovy strategicheskogo menedzhmenta: ucheb. Posobie. - SPb.: SPGUVK, 1999.-50s.
13. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhnyh sistem. - M.: Nauka, 1978.-400s,
14. Butov A.S. Bol'shaya enciklopediya transporta: t.6. Rechnoy transport-SPb.: Elmor, 1998.-312s.
15. Voevodskiy E.N. Sistema modelej opisaniya processov upravleniya na transporte. - M: Morflot, 1989. - 89s.
16. Karakaev A.B., Hekert E.V., Galiev G.A. Metodicheskie osnovy strukturno-funktsional'nogo podhoda v sistemnom analize. Morskoe intellektual'nye tekhnologii. 2019. T. 2. № 1 (43). S. 77-81.
17. Astrein V.V., Hekert E.V. Analiticheskoe predstavlenie termina "Sistema vnutrennej bezopasnosti sudna"//Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova. 2015. № 3 (12). S. 12-14.
18. Petros'yan A.V., Hekert E.V. Uluchshenie bezopasnosti moreplavaniya v rajonah dejstviya sistem upravleniya dvizheniem sudov. Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova. 2016. № 2 (15). S. 22-24.
19. Kondrat'ev S.I., Pechnikov A.N., Hekert E.V. Ergonomicheskij podhod k ocenivaniju deyatelnosti sudovyh specialistov: sut' problemy i podhod k ee resheniyu/Morskoe intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 4-4 (42). S. 166-174.
20. Panamarev V., Hekert E.V. Raschet koncentracii okislov azota dlya kotel'noj ustanovki AALBORG MISSIONOL s topochnym ustrojstvom kbsd-1900 i sravnenie s eksperimental'nymi dannymi. Ekspluatatsiya morskogo transporta. 2015. № 3 (76). S. 75
21. Astrein V.V., Hekert E.V. Analiticheskoe predstavlenie termina "sistema vnutrennej bezopasnosti sudna"//Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova. 2015. № 3 (12). S. 12-14.
22. Kondrat'ev S.I., Astrein V.V., Boran-Keshish'yan A.L. Metodika reflektivnoj ocenki effektivnosti ISPPR bezopasnosti sudovozhdeniya v usloviyah perekhodnogo perioda//Morskoe intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 1-3 (41). S. 156-161.
23. Kondrat'ev S.I., Boran-Keshish'yan A.L., Popov V.V. Optimizatsiya nadezhnosti kanalov obmena dannyh v svyaznyh sistemah nacional'noj koncepcii rossijskogo segmenta e-navigacii Azovo-CHernomorskogo bassejna// Morskoe intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 1-3 (41). S. 162-169.
24. Kondrat'ev S.I., Lickevich A.P. O sredstvakh blizhnej navigacii dlya avtomatizacii processov provodki i shvartovki sudov v mestah stesnyonno anevrirovaniya. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2006. № S. S. 34-36.

УДК 629.5.072

DOI: 10.34046/aumsuomt92/11

МЕТОД УСТАНОВЛЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА, ВОЛНЕНИЯ, ТЕЧЕНИЯ НА АВТОМАТИЧЕСКИХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ БУЙКОВЫХ СТАНЦИЯХ (АГБС)

А.А. Антонов, аспирант

Д.Е. Студеникин, кандидат технических наук

Ю.В. Маевская, аспирант

При использовании современных высокоточных датчиков, применяемых, в частности, на АГБС, встает вопрос достоверности показаний и обнаружения случайных погрешностей. Точность показаний измерителей параметров гидрометеорологических факторов сегодня не удовлетворяет возросшим требованиям к точности судовождения. Поэтому требуется новый подход к определению погрешностей, а так же метод определения достоверности. Предлагаемый метод основывается на сборе и анализе данных, полученных с измерителей, правильно расположенных по описанным в статье критериям. Накопленный большой объем данных измерений аппроксимируется и обрабатывается методом скользящего среднего для получения предсказательной модели. Результаты предсказаний, в свою очередь, обрабатываются методом вариации Аллана. Такой подход обеспечивает измерение шумовой составляющей измерений. В результатах эксперимента выявлена погрешность измерений ниже заявленной точности измерителя, что свидетельствует о достоверности показаний прибора.

Ключевые слова: измерение гидрометеорологических факторов, достоверность, точность, критерии оценки, расположение измерителей, анализ данных, вариация Аллана.

When using modern high-precision sensors used, in particular, on AHBS, the issue of the reliability of the readings and the detection of random errors arises. The accuracy of the readings of hydrometeorological factors measuring instruments today does not satisfy the increased requirements for navigation accuracy. Therefore, a