

Раздел 2 СУДОВОЖДЕНИЕ, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК: 624.02

DOI: 10.34046/aumsuomt90-3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА ДОСТАВКИ ГРУЗА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКИМИ КОМПАНИЯМИ

Я.Я. Эглит, доктор технических наук, профессор

К.Я. Эглите, доктор экономических наук, профессор

А.А. Ковтун, кандидат технических наук, доцент

А.Ю. Рюзин, старший преподаватель

А.А. Дмитриев, аспирант

В статье представлена математическая модель выбора варианта доставки груза транспортно-экспедиторскими компаниями с использованием метода Монте-Карло. Объектом исследования являются транспортно-экспедиторские компании, которые в соответствии с договором о транспортном экспедировании обосновывают лучший вариант доставки груза. С помощью разработанного алгоритма производится выбор оптимального варианта доставки груза, которым является вариант с минимальными затратами и временем доставки до грузополучателя.

Ключевые слова: порт, флот, грузовладелец, алгоритм, ограничения, критерии, случайные величины, показатели работы системы.

The article presents a mathematical model of the choice of cargo delivery by freight forwarding companies using the Monte Carlo method. The object of the study is the freight forwarding companies, which in accordance with the contract on freight forwarding justify the best option of delivery. With the help of the developed algorithm, the choice of the optimal variant of cargo delivery is made, which is an option with minimal costs and time of delivery to the consignee.

Keywords: port, fleet, cargo owner, algorithm, restrictions, criteria, random variables, performance of the system.

1. Введение

Подробное исследование деятельности транспортно-экспедиторской компании позволяет выделить в ней отдельные главные этапы, для которых характерны определенные временные интервалы.

Определенный вид груза является первичным элементом, который исследуется в транспортной системе.

Каждая заявка, которой является определенное количество какого-либо вида груза, последовательно проходит все виды экспедиторского обслуживания из пункта отправления в пункт назначения. Эти работы осуществляются в определенный промежуток времени и в процессе ее формируется большая часть показателей, характеризующих работу ТЭК.

Математическая модель выбора оптимального варианта доставки груза представляется в виде соотношений, в которых связаны переменные состояния и параметры системы.

Для их описания используются обозначения [1, с.97]:

\wedge - логическая конъюнкция

\vee – логическая дизъюнкция

\in - принадлежность множеству

\forall = квантор общности

\rightarrow - импликация

$\langle \rangle$ - двойная импликация

Ниже приводятся конкретные алгоритмы функционирования системы транспортно-экспедиторского обслуживания в зависимости от режима работы.

2. Работа системы транспортно-экспедиторского обслуживания в режиме «ожидание грузового обслуживания»

Функционирование системы транспортно-экспедиторского обслуживания в режиме работы «ожидание грузового обслуживания» отражено алгоритмом, представленным на рис. 1 [1, с.97].

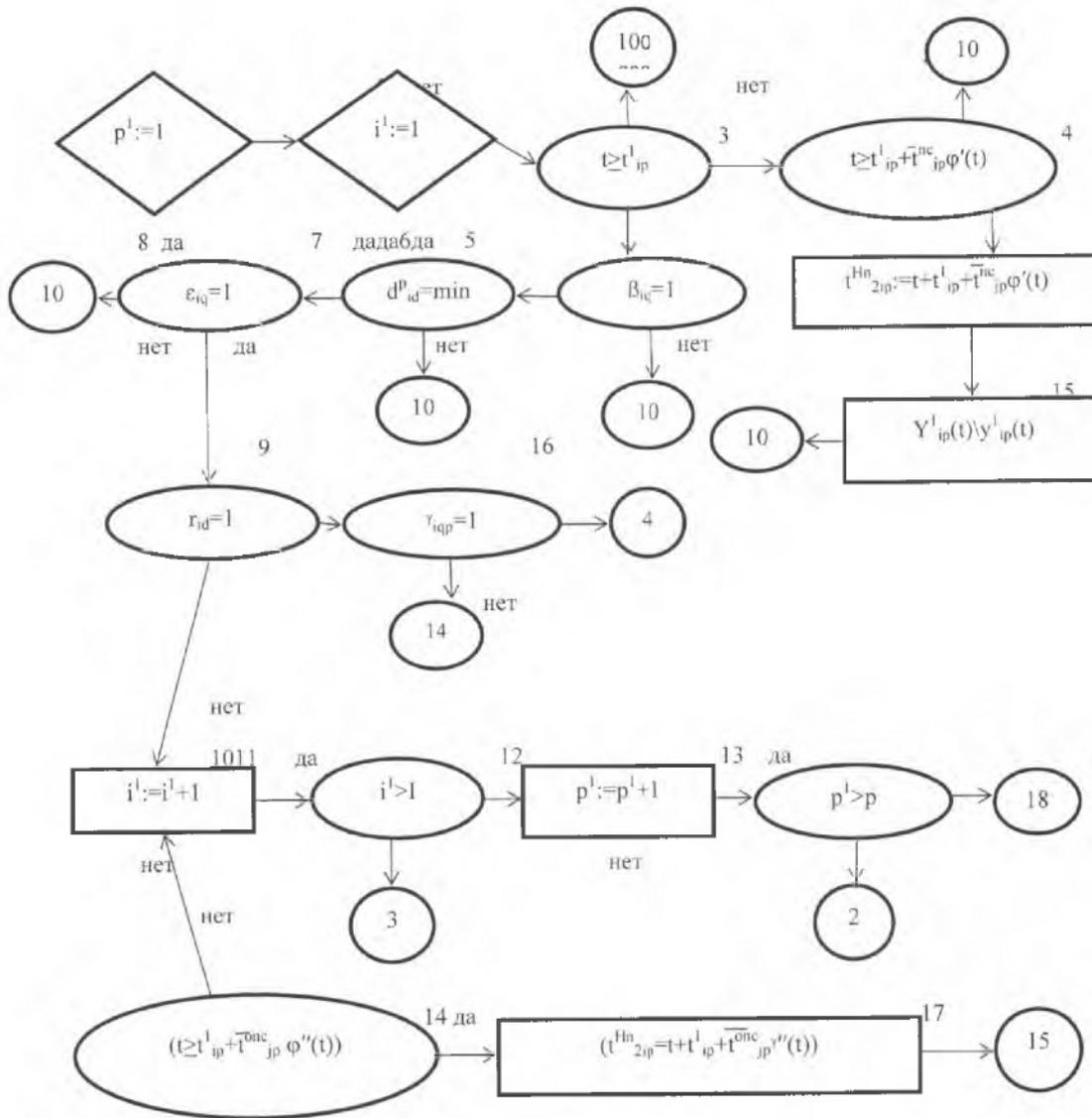


Рисунок 1 – Алгоритм функционирования системы транспортно-экспедиторского обслуживания в режиме работы «ожидание грузового обслуживания» [1, с. 99]

Условные обозначения к рис. 1 [97-98]:
 номер структурного элемента, $p^1=1, P$;
 i^1 – номер заявки; $i^1=1, I$;
 t_{1p}^1 – время прибытия i^1 – ой заявки в p^1 -ый структурный элемент;
 j_{1i} – номер типа i^1 – ой заявки;
 \overline{t}_{ip}^{onc} – среднее время ожидания грузового обслуживания из-за ограниченной пропускной способности в p -ом структурном элементе для j – го типа заявки;
 $\varphi'(t)$ – случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения времени ожидания грузового обслуживания из-за ограниченной пропускной способности p -го структурного элемента;
 \overline{t}_{ip}^{onc} – среднее время ожидания грузового обслуживания из-за отсутствия подвижного состава или другого транспортного средства в

структурном элементе (элементе для j -го типа заявки);
 $\varphi''(t)$ – случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения времени ожидания грузового обслуживания из-за отсутствия транспортного средства в p -ом структурном элементе для j -го типа i -ой заявки;
 d_{iq}^p – приоритетный номер для i -ой заявки в p -ом структурном элементе для q -го варианта обслуживания;
 q_{pj}^i – вариант обслуживания i -ой заявки в p -ом структурном элементе для j -го варианта обслуживания;
 B_{iq} – признак, равный 1, если при q -ом варианте обслуживания необходим лоцман и 0 в противном случае;
 ϵ_{iq} – признак, равный 1, если при q -ом варианте обслуживания i -ая заявка нуждается в грузовом обслуживании и 0 в противном случае;

r_{ijq} – признак равный 1, если при q-ом варианте обслуживания i-ая заявка по q-му варианту обслуживания нуждается в бункеровке и пополнении запасов и 0 в противном случае;

γ_{ijp} – признак равный 1 если при q-ом варианте обслуживания есть ограничение на пропускную способность в p-ом структурном элементе и 0, если есть ограничения по наличию или вместимости грузового средства.

Функционирование системы при обслуживании заявок в подмножестве $Y^1_{ip}(t)$ в момент времени t в виде параметрического описания представлено следующими соотношениями [1, с. 98]:

$$\{(Y^1_{ip}(t); Y^1_{ip}(t) \in Y^1_{ip} \wedge (t \leq t^1_{ip}) \rightarrow (\beta_{iq}=1) \rightarrow (d^p_{iq}=\min) \rightarrow (\epsilon_{iq}=1) \rightarrow (r_{iq}=1) \rightarrow (\gamma_{iqp}=1) \rightarrow -((\geq t^1_{ip} + t^{onc}_{jp} \Phi'(t)) \wedge (t^{Hn}_{2ip} = t + t^1_{ip} + t^{onc}_{jp})) \wedge (Y^1_{ip}(t) \setminus Y^1_{ip}(t)) \wedge \{(i^1:=i^1+1) \leftrightarrow (i^1 > I)\} \wedge \{(p^1:=p^1+1) \leftrightarrow (p^1 > p)\}\}$$

Из вышеприведенных соотношений следует, что если в подмножестве $Y^1_{ip}(t)$ существует элемент $y^1_{ip}(t)$ такой, что $\geq t^1_{ip}$, то эта заявка пришла в подмножество $Y^1_{ip}(t)$ [1, с.100].

В случае, если транспортным средством является морское или речное судно, то производится проверка ($\beta_{iq}=1$) [1, с.100]. При выполнении условия осуществляется лоцманское обслуживание [1, с.100].

Затем выбирается на обслуживание заявка с минимальным значением d^p_{iq} и производится

две проверки ($\epsilon_{iq}=1$) и ($r_{iq}=1$), если они выполняются, то в соответствии с вариантом обработки заявки проверяется ($\gamma_{iqp}=1$) [1, с.100].

Если ($\gamma_{iqp}=1$) то производится проверка ($\geq t^1_{ip} + t^{onc}_{jp} \Phi'(t)$), при выполнении условия соотношения формулируется ($t^{Hn}_{2ip} = t + t^1_{ip} + t^{onc}_{jp} \Phi'(t)$), далее управление передается оператору 15, в котором элемент $y^1_{ip}(t)$ исключается из подмножества $Y^1_{ip}(t)$ [1, с.100].

Если $\gamma_{iqp}=0$, то производится проверка ($\geq t^1_{ip} + t^{onc}_{jp} \Phi''(t)$), при выполнении условия формулируется новое значение ($t^{Hn}_{2ip} = t + t^1_{ip} + t^{onc}_{jp} \Phi''(t)$) [1, с.100]. Далее управление передается 15-му оператору, после чего формируется новое значение ($i^1:=i^1+1$) и производится проверка ($i^1 > I$) [1, с.100]. При выполнении условия формируется значение ($p^1:=p^1+1$) и производится проверка ($p^1 > p$), если условие выполняется, то первая часть работы моделирующего алгоритма заканчивается и управление передается 18-му оператору [1, с.100].

3. Работа системы транспортно-экспедиторского обслуживания с заявками, находящимися на погрузке в p-ом структурном элементе в момент t

На рис.2 представлено функционирование системы при обработке заявок, находящихся на погрузке в p-ом структурном элементе в момент t (заявок, находящихся в подмножестве $Y^2_{ip}(t)$) [1, с.102].

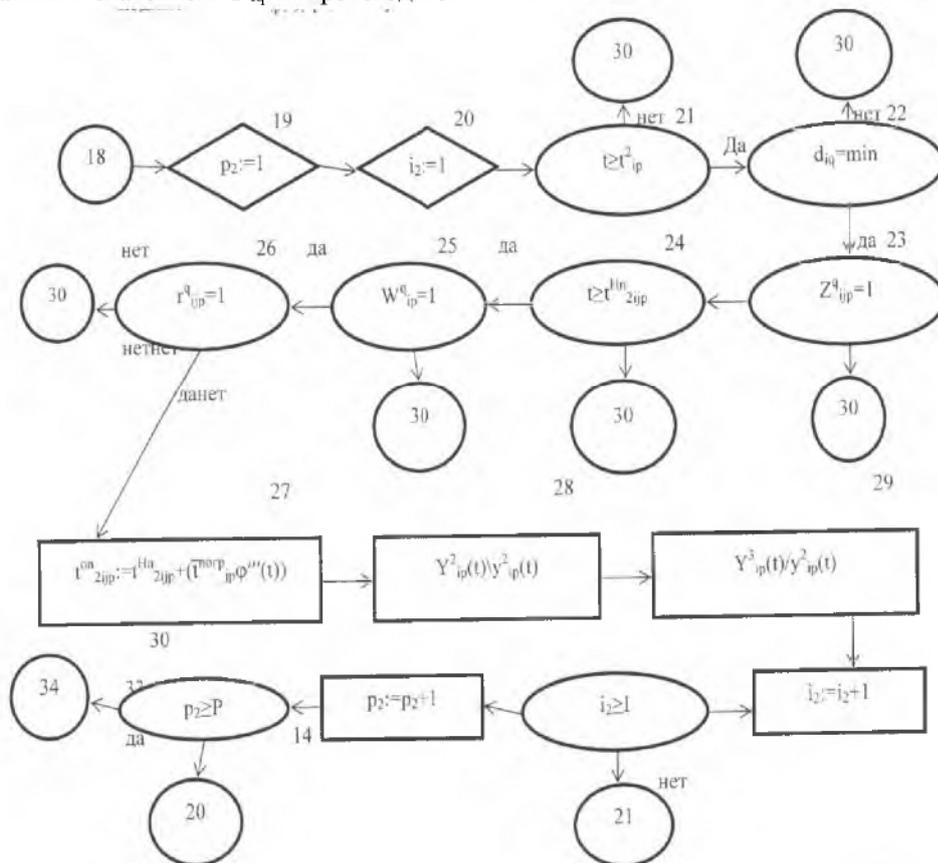


Рисунок 2 – Функционирование системы при обработке заявок, находящихся в подмножестве $Y^2_{ip}(t)$ [1, с. 102]

Условные обозначения к рис. 2 [1, с.101]:
 i_2 – номер заявки $i_2=1, I$;
 p_2 – номер структурного элемента; $p_2=1, P$;
 t_{ip}^2 – время пребывания i -ой заявки в p -ый структурный элемент;
 q_{ij}^p – вариант обслуживания i -ой заявки в j -го типа в p -ом структурном элементе;
 d_{iq} – приоритетный номер i -ой заявки при q -ом варианте обслуживания;
 $t_{jp}^{пор}$ – среднее время погрузки j -го типа i -ой заявки в p -ом структурном элементе в n -ое транспортное средство;
 n_{ijp}^q – транспортное средство, выбранное для i -ой заявки j -го типа в p -ом структурном элементе в соответствии с q -м вариантом обслуживания;
 $\varphi'''(t)$ – случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения времени погрузки j -го типа заявки в p -ом структурном элементе;
 t_{ijp}^{Hn} – время начала погрузки i -ой заявки j -го типа в p -ом структурном элементе;
 $t_{ijp}^{он}$ – время окончания погрузки i -ой заявки j -го типа в p -ом структурном элементе;
 Z_{ijp}^q – признак, равный 1, если в p -ом структурном элементе имеется перегрузочное средство для i -ой заявки с нормой грузовых работ в соответствии с q -ым вариантом обслуживания и равный 0 в противном случае;
 W_{jp}^q – признак, равный 1, если в p -ом структурном элементе в соответствии с q -ым вариантом обслуживания для j -го типа заявки есть свободное место и равный 0 в противном случае;
 r_{ijq} – признак равен 1, если при q -ом варианте обслуживания будет производиться бункеровка и пополнение запасов и равен 0 в противном случае.
 Функционирование рассматриваемой системы в виде параметрического описания представлено следующими соотношениями [1, с.103]:
 $\{(y_{ip}^2(t) \in Y_{ip}^2(t) \wedge (t \geq t_{ip}^2) \rightarrow (d_{iq} = \min) \rightarrow (Z_{ijp}^q = 1)) \rightarrow$
 $[(t \geq t_{ijp}^{Hn}) \wedge (W_{jp}^q = 1) \wedge (Z_{ijp}^q = 1)] \rightarrow \{[t_{ijp}^{он} := t_{ijp}^{Hn} + (t_{jp}^{пор} \cdot \varphi'''(t))] \wedge (Y_{ip}^2(t) \cdot y_{ip}^2(t) \rightarrow Y_{ip}^3(t) / y_{ip}^2(t)) \wedge$
 $\wedge \{(i_2 := i_2 + 1) \leftrightarrow (i_2 \geq I)\} \wedge \{(p_2 := p_2 + 1) \leftrightarrow (p_2 \geq P)\}\}$
 Если существует такой элемент $y_{ip}^2(t) \in Y_{ip}^2(t)$, что $(t \geq t_{ip}^2)$, это означает, что заявка прибыла в подмножество $Y_{ip}^2(t)$ [1, с.103].
 Организовывается цикл по i_2 для выбора d_{iq} с минимальным значением [1, с.103].
 Если $(Z_{ijp}^q = 1)$, тогда на обслуживание выбирается заявка, соответствующая условию $(t \geq t_{ijp}^{Hn})$ [1, с.103].

Выполнение условий $(W_{jp}^q = 1)$ и $(Z_{ijp}^q = 1)$ позволяет сформировать для рассматриваемой заявки $t_{ijp}^{он} := t_{ijp}^{Hn} + (t_{jp}^{пор} \cdot \varphi'''(t))$ [1, с.103].

Далее элемент $y_{ip}^2(t)$ исключается из подмножества $Y_{ip}^2(t)$ и включается в подмножество $Y_{ip}^3(t)$ [1, с.103].

Доля управления передается оператору 30, в котором формируется новое значение $(i_2 := i_2 + 1)$ и производится проверка $(i_2 \geq I)$, при выполнении условия формируется новое значение $(p_2 := p_2 + 1)$ и производится проверка $(p_2 \geq P)$, если условие выполняется, то вторая часть моделирующего алгоритма закончила работу и управление передается оператору 34 [1, с.103].

4. Функционирование системы транспортно-экспедиторского обслуживания при обслуживании заявок, находящихся во время транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения в момент времени t

На рис.3 представлена блок-схема функционирования системы транспортно-экспедиторского обслуживания при обслуживании заявок, находящихся во время транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения в момент времени t (заявок, находящихся в подмножестве $Y_{ip}^3(t)$) [1, с.106].

Условные обозначение к рис. 3 [1, с. 104-105]:

i_3 – номер заявки, $i_3=1, I$;
 p_3 – номер структурного элемента $p_3=1, P$;
 t_{ip}^3 – время пребывания i -ой заявки на обслуживание в p -ый структурный элемент;
 d_{ipq} – приоритетный номер i -ой заявки при q -ом варианте обслуживания;
 r_{ijq} – признак, равный 1, если i -ая заявка j -го типа по q -му варианту обслуживания нуждается в бункеровке пополнении запасами и 0 – в противном случае;
 $t_{ijp}^{нач}$ – время начала транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения;
 $t_{ijp}^{оконч}$ – время окончания транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения;
 t_{ijp} – среднее время транспортировки груза;
 φ^2 – случайная величина, характеризующая отклонение от среднего времени транспортировки груза;
 d_c – вероятность c -го маршрута движения;
 c – номер маршрута движения, $c=1, C$;
 W_c – признак соответствия c -му маршруту движения;
 W_{ic} – признак соответствия i -ой заявки c -му маршруту движения;

m_p – количество заявок, прибывающих в p -ый структурный элемент за рассматриваемый промежуток времени;

m_{cp} – количество заявок, прибывающих в p -ый структурный элемент с c -ым номером маршрута движения;

λ_t – случайная величина равномерно распределенная на промежутке $0,1$;

c_i – номер маршрута движения i -й заявки.

Функционирование системы транспортно-экспедиторского обслуживания в подмножестве $Y^3_{ip}(t)$ в виде параметрического описания представляется соотношением [1, с. 105]:

$$\{ \{ Y^3_{ip}(t); Y^3_{ip}(t) \in Y^3_{ip}(t) \wedge (t \geq t^3_{ip}) \wedge (r_{ijq} = 1) \} \rightarrow (t^{оконч}_{ijp} := t^{нач}_{ijp} + t_{ijp} \phi^2) \} \rightarrow$$

$$m_{ps} \\ [(d_i := 0) \wedge (c := 1) \wedge (W_c = W_{ic})] \rightarrow [(d_{c+1} := d_c + m_p) \wedge \text{формирование } \lambda_t \wedge (d_i > \lambda_t) \wedge (d_i > \lambda_t) \rightarrow] \\ \rightarrow (m_{ps} := m_{ps} + 1) \wedge (m_p - 1) \wedge (c_i := c) \wedge (c_i := c_m - 1) \wedge (c := c + 1) \leftrightarrow (c > C) \\ \rightarrow \{ [(i_3 := i_3 + 1) \leftrightarrow (i_3 > I)] \wedge [(p_3 := p_3 + 1) \leftrightarrow (p_3 > P)] \}$$

Из приведенных соотношений следует, что если в подмножестве $Y^3_{ip}(t)$ существует элемент $y^3_{ip}(t)$ такой, что $(t \geq t^3_{ip})$, то эта заявка прибыла в подмножество $Y^3_{ip}(t)$, после выполнения проверки формируется $(t^{оконч}_{ijp} := t^{нач}_{ijp} + t_{ijp} \phi^2)$ [1, с.105].

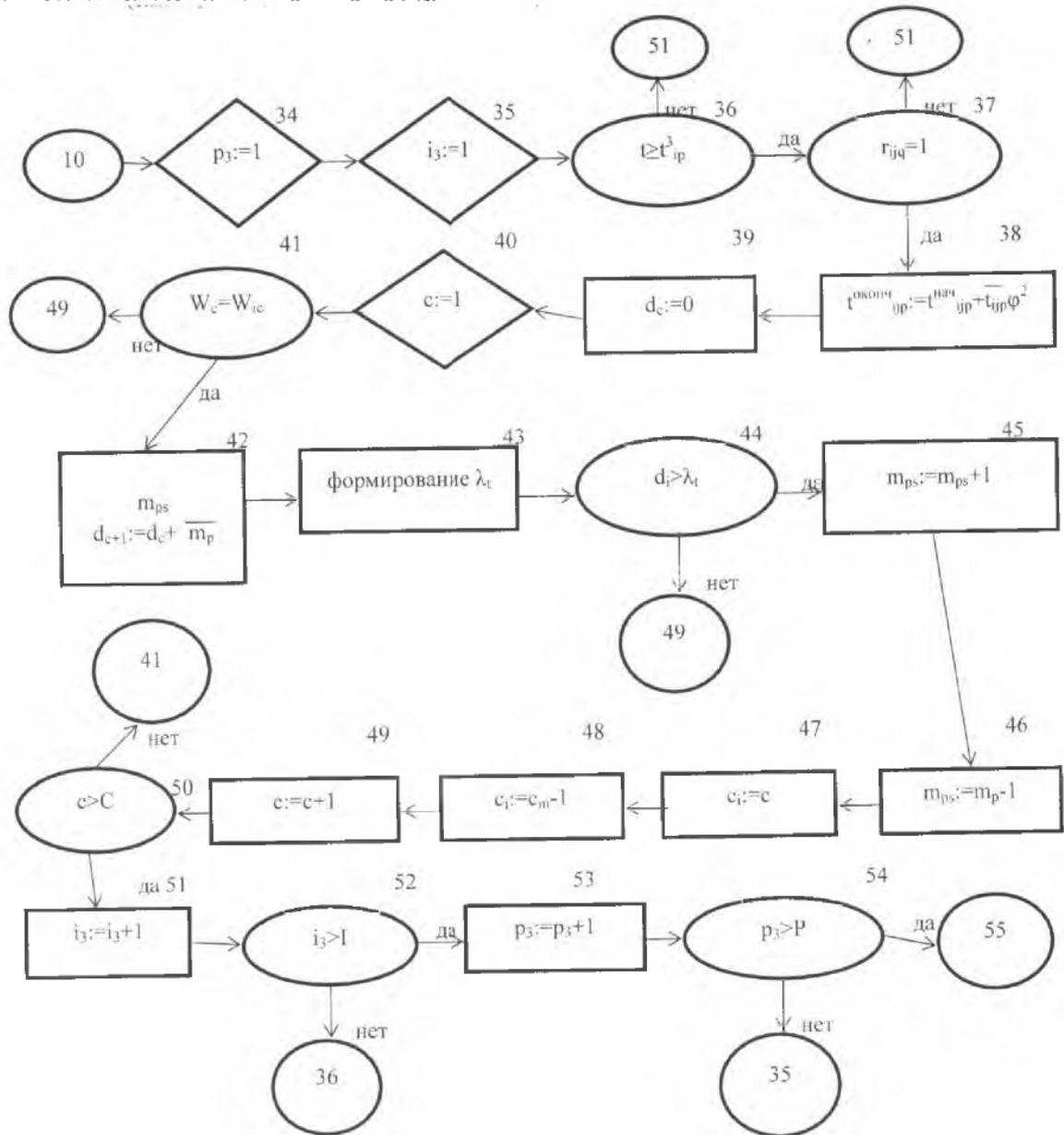


Рисунок 3 – Функционирования системы при обслуживании заявок, находящихся в подмножестве $Y^3_{ip}(t)$ [1, с. 106]

Далее формируется номер маршрута движения, присваивается значение $(d_i := 0)$ и $(c := 1)$, в противном случае идет цикл по i [1, с.105]. В слу-

чае, если в соответствии со стандартным алгоритмом выполняется соотношение $(W_c = W_{ic})$, то выполняется значение и формируется значение

случайной величины λ_i [1, с.105]. При выполнении условия ($d_i > \lambda$), производится формирование значение ($m_{ps} := m_{ps} + 1$) и ($m_p := m_p - 1$) [1, с. 105]. Затем с присваивается новое значение [1, с. 105]. В случае, если соотношения ($W_c = W_{ic}$) и ($d_i > \lambda$) не выполняются, то формируется новое значение ($i_3 := i_3 + 1$) и производится проверка ($i_3 > I$) [1, с. 105]. Затем формируется новое значение $p_3 := p_3 + 1$, производится проверка $p_3 > P$. Если условие выполняется, 3-я часть алгоритма заканчива-

ется и уравнение передается оператору 55 [1, с. 105-107].

5. Функционирование системы транспортно-экспедиторского обслуживания в режиме работы выгрузка в р-ом структурном элементе

Функционирование системы транспортно-экспедиторского обслуживания в режиме работы выгрузка р-ом структурном элементе представлено на рис. 4 [1, с. 108].

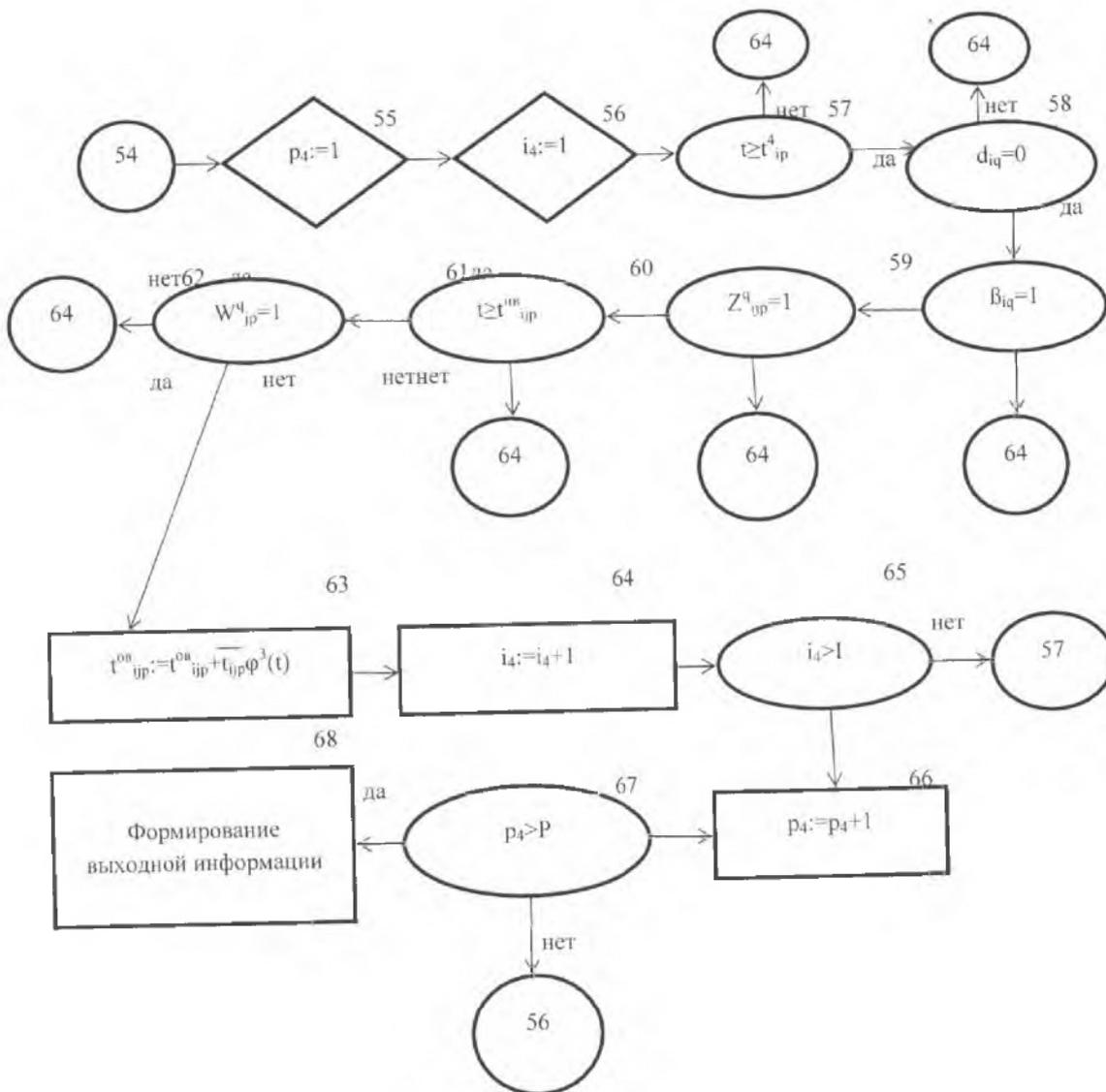


Рисунок 4 – Функционирование системы транспортно-экспедиторского обслуживания в режиме работы выгрузка р-ом структурном элементе [1, с.108]

Условные обозначения к рис.4 [1, с. 107]:

p^4 – номер структурного элемента, $p^4 = 1, P$;

i^4 – номер заявки, $i^4 = 1, I$;

t^4_{ip} – время прибытия i -й заявки в p -ый структурный элемент;

d_{iq} – приоритетный номер i -ой заявки в q -ом варианте обслуживания;

B_{iq} – признак, равный 1, если при q -ом варианте обслуживания нужен лоцман и 0 в противном случае;

t_{ip} – среднее время выгрузки i -ой заявки j -го типа в p -ом структурном элементе;

$\phi^3(t)$ – случайная величина, характеризующая отклонения от среднего времени выгрузки;

Z^q_{yp} – признак, равный 1, если в p -ом структурном элементе имеется перегруженное

средство для i -ой заявки с нормой грузовых ворот в соответствии с q -ым вариантом обслуживания и 0 в противном случае;

t_{ip}^{hb} – время начала выгрузки i -ой заявки в p -ом структурном элементе;

t_{ip}^{ob} – время окончания выгрузки i -ой заявки j -го типа в p -ом структурном элементе;

W_{ip}^q – признак, равный 1, если в p -ом структурном элементе в соответствии с q -ым вариантом обслуживания для j -го типа заявки есть свободное место и 0 в противном случае.

Функционирование системы при транспортно-экспедиторском обслуживании заявок в подмножестве $Y_{ip}^4(t)$ в виде параметрического описания в момент времени t представляется соотношениями [1, с. 107-109]:

$$\begin{aligned} & [(y_{ip}^4; y_{ip}^4 \in Y_{ip}^4) \wedge (t \geq t_{ip}^4) \rightarrow (d_{iq}=0) \wedge (B_{iq}=1) \wedge (z_{ip}^4=1)] \\ & \rightarrow [(t \geq t_{ip}^{hb}) \wedge (W_{ip}^q=1) \wedge (t_{ip}^{ob} := t_{ip}^{ob} + t_{ip} \Phi^3(t))] \\ & \rightarrow \{[(i_4 := i_4 + 1) \leftrightarrow (i_4 > I)] \wedge [(p_4 := p_4 + 1) \leftrightarrow p_4 > P]\} \rightarrow \\ & \rightarrow \text{формирование выходной информации.} \end{aligned}$$

Из вышеприведенных соотношений следует, что если в подмножестве $Y_{ip}^4(t)$ существует элемент y_{ip}^4 такой, что $t \geq t_{ip}^4$, то эта заявка прибыла в подмножество $Y_{ip}^4(t)$ [1, с. 109].

Если $(d_{iq}=0)$, $(B_{iq}=1)$ и $(z_{ip}^4=1)$, то производится проверка $(W_{ip}^q=1)$, если да, то формируется $(t_{ip}^{ob} := t_{ip}^{ob} + t_{ip} \Phi^3(t))$ [1, с. 109].

Затем формируется новое значение $(i_4 := i_4 + 1)$, если $(i_4 > I)$, то формируется новое значение $p_4 := p_4 + 1$, если $p_4 > P$, то работа моделирующего алгоритма заканчивается и формируется выходная информация за рассматриваемый период T [1, с. 109].

6. Заключение

Практическое использование рассмотренных алгоритмов позволяет эффективно применять логистический подход в обслуживании потребителей транспортных услуг, подразумевающий оптимальное значение суммарных издержек транспортных предприятий, грузоотправителей, грузополучателей [1, с. 136].

Важным является также то обстоятельство, что транспортно-технологические схемы представляют собой основу логической системы доставки груза [2, с. 121]. При этом логистика в ее современном состоянии и развитии не может существовать без информационных технологий [3, с. 77].

Использование анализируемых схем позволит транспортно-логистической компании в своей работе в большей степени соответствовать основной логистической миссии (правилу «7R»). Оно сформулировано так: нужный товар (RightProduct) необходимого качества

(RightQuality) в необходимом количестве (RightQuantity) должен быть доставлен в нужное время (RightTime) и в нужное место (RightPlace) нужному потребителю (RightCustomer) с требуемым уровнем затрат (RightCost) [4, с. 101]. В результате повысится качество грузоперевозок, что улучшит положение компании на рынке.

Возрастет экономическая эффективность функционирования транспортного комплекса.

Литература

1. Арбузов К.Ю. Методические подходы к оценке потерь народного хозяйства из-за недостаточного развития Транспортной инфраструктуры / К.Ю. Арбузов // Журнал университета водных коммуникаций. – 2013. – Вып.1. – С. 129-137.
2. Бабуринов В.А. Оптимизация параметров логистической системы доставки грузов / В.А. Бабуринов, Н.В. Бабуринов // Журнал университета водных коммуникаций. – 2009. – Вып.1. – С. 121-126.
3. Вайгандт Н.Ю. Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления транспортными комплексами / Н.Ю. Вайгандт // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2013. – №1(20). – С. 77-81. DOI: 10.21821/2309-5180-2013-5-1-77-81
4. Глушков С.В. Построение почетной нейросетевой модели информационной системы управления транспортно-логистическим процессом / С.В. Глушков, Н.Г. Левченко, Ю.Ю. Почесуева, Е.М. Коньков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2013. – №3(22). – С. 100-111. DOI: 10.21821/2309-5180-2013-5-3-110-111
5. Эглит Я.Я. Транспортные системы доставки грузов / Я.Я.Эглит, К.Я.Эглите, А.В.Артемов. – СПб.: Феникс, 2005. – 300 с.
6. Лютикова М.Н. Модели управления внутренней логистики порта [Текст] / Е.В. Хекерт, Лютикова М.Н // Математическое и компьютерное моделирование: сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции – 232с. – ISBN 978-5-89426-121-8. – 2016. – С. 45-50.
7. Бабурина О.Н. Морские порты мира и России: динамика грузооборота и перспективы развития [Текст] / О.Н. Бабурина, С.И. Кондратьев // Транспортное дело России. – 2016. – №6. – С. 141-144.

References

1. Arbuzov K.Ju. Metodicheskie podhody k ocnke poter' narodnogo hozjajstva iz-za nedostatochnogo razvitija Transportnoj infrastruktury / K.Ju. Arbuzov // Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij. – 2013. – Vyp.1. – s. 129-137
2. Baburin V.A. Optimizacija parametrov logisticheskoj sistemy dostavki gruzov / V.A. Baburin, N.V. Baburin // Zhurnal universiteta vodnyh kommunikacij. – 2009. – Vyp.1. – s. 121-126

- Vajgandt N.Ju. Sovremennye informacionnye tehnologii v avtomatizirovannyh sistemah upravlenija transportnymi kompleksami / N.Ju. Vajgandt // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova. – 2013. – №1(20).– s.77-81. DOI:10.21821 / 2309-5180-2013-5-1-77-81
- Glushkov S.V. Postroenie pochetnoj nejrosetevoj modeli informacionnoj sistemy upravlenija transportno-logisticheskim processom / S.V. Glushkov, N.G. Levchenko, Ju.Ju. Pochesueva, E.M. Kon'kov // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. – 2013. –№3(22).– s. 100-111. DOI: 10.21821 / 2309-5180-2013-5-3-110-111
- Jeglit Ja.Ja. Transportnye sistemy dostavki грузов / Ja.Ja.Jeglit, K.Ja.Jeglite, A.V.Artem'ev. – SPB.: Feniks, 2005. – 300 s.
- Ljutikova M.N. Modeli upravlenija vnutrennej logistiki porta [Tekst] E.V. Hekert, Ljutikova M.N // Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie: sbornik nauchnyh trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii – 232s. – ISBN 978-5-89426-121-8. 2016. S.45-50.
- Baburina O.N. Morskie porty mira i Rossii: dinamika gruzooborota i perspektivy razvitiya [Tekst] / O.N. Baburina, S.I. Kondrat'ev // Transportnoe delo Rossii. 2016. №6. S. 141-144

УДК 629.123.56

DOI: 10.34046/aumsuomt90-4

ТРАНСПОРТИРОВКА УГЛЕВОДОРОДОВ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ И РАЗВИТИЕ ТАНКЕРОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ

*Г.П. Евдокимов, кандидат технических наук,
И.И. Костылев, доктор технических наук, профессор
Д.В. Коняев, кандидат технических наук*

В статье рассматривается дальнейшее развитие арктического шельфа как основного поставщика углеводородного сырья на ближнюю и среднесрочную перспективу. При этом кратко характеризуются северные месторождения с указанием потенциальных возможностей добываемых продуктов. Для удаленных месторождений изучаются варианты логистических направлений. Приводятся логистические схемы транспортировки углеводородов в Европейские и Китайские порты. Анализируется динамика экспорта жидких углеводородов с арктических месторождений морскими судами. Приводится статистика завоза нефтепродуктов в арктические порты и портопункты. Достаточно подробно изложены особенности специализированного флота, использующегося для транспортировки нефтегазового конденсата и природного газа. Все суда имеют повышенный ледовый класс и современное оборудование. Для сравнения приведены главные характеристики судов, включая не только размерения корпуса и ледовый класс, но и параметры пропульсивной установки. Материал статьи излагается с привязкой к ключевым проектам Арктической зоны РФ и хорошо иллюстрирован.

Ключевые слова: транспортировка углеводородов, логистика, шельфовые разработки, танкеры, газозавозы, природный газ, ледовый класс.

The article discusses the further development of the Arctic shelf as the main supplier of hydrocarbons in the near and medium term. Thus the North oil fields were briefly characterized, indicating the potential possibilities of the produced products. For remote oil fields, options for logistics directions are being studied. Logistic schemes of hydrocarbon transportation to European and Chinese ports are given. The dynamics of liquid hydrocarbons export from Arctic fields by sea vessels is analyzed. Statistics of imported oil products into the Arctic ports and points are given. The features of the specialized fleet used for the transportation of oil and gas condensate and natural gas are described in sufficient details. All vessels have a higher ice class and modern equipment. For comparison, the main characteristics of ships, including not only the size of the hull and the ice class, but also the parameters of the propulsion system. The material of the article is presented with reference to the key projects of the Arctic zone of the Russian Federation and is well illustrated.

Keywords: transportation of hydrocarbons, logistics, offshore development, tanker, gas carriers, natural gas, ice class.

Вывоз углеводородов из Арктики

Основным энергетическим сырьем, добываемым в Арктике, являются жидкие углеводороды – нефть и природный газ, а также твердые ископаемые – уголь. Наиболее перспективным и освоенным в хозяйственном отношении в настоящее время является Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс. Этот район в ближайшие 40 – 50 лет останется основным источником прироста добычи углеводородного сырья. Главное его бо-

гатство – запасы природного газа, нефти, газового конденсата. Перспективные разработки углеводородов, в первую очередь, ведутся в юго-западной части Карского моря, шельфовой зоне полуострова Ямал и в Обско-Тазовском районе. Потенциальные ресурсы полуострова Ямал в целом оцениваются в 16,6 трлн куб. м.[1].

На Ямале и в прилегающих акваториях открыты 32 газовых и нефтегазоконденсатных месторождения. Крупнейшими из них являются