



УДК 65.012.25

МОДЕЛИРУЮЩИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ

Я.Я. Эглит, профессор, докт. техн. наук, заведующий кафедрой управления транспортными системами Государственного университета морского и речного флота (ГУМРФ) им. адм. С. О. Макарова

М.А. Глебов, аспирант Государственного университета морского и речного флота (ГУМРФ) им.

адм. С. О. Макарова

К.Я. Эглите, к.э.н., доцент Государственного университета морского и речного флота (ГУМРФ) им. адм. С. О. Макарова

М.А. Цивелева инженер, кафедра управления транспортными системами Государственного университета морского и речного флота (ГУМРФ) им. адм. С. О. Макарова

В статье рассматривается специализированный алгоритм функционирования транспортно-технологической системы доставки навалочных грузов.

Ключевые слова: навалочный груз, доставка, математическая модель, система.

Математическая модель состоит из соотношений, связывающих переменные состояния и параметры системы.

Для описания логических операций использованы следующие обозначения:

$\in$ - принадлежность множеству;

$\forall$ - квантор общности;

$\rightarrow$ - импликация;

$\leftrightarrow$ - двойная импликация;

$\wedge$ - логическая конъюнкция;

$\vee$ - логическая дизъюнкция;

Алгоритм функционирования системы транспортного обслуживания в режиме работы «ожидание грузового обслуживания» представлен на рис.3

В блок-схеме (см. рис. 1) использованы следующие условные обозначения:

j^1 - номер заявки; $j^1 = 1, J$;

i_{j^1} номер типа j^1 -ой заявки;

$t_{j^1 r^1}^1$ - время прибытия j^1 -ой заявки в r^1 -ый структурный элемент;

r^1 - номер структурного элемента; $r^1=1, R$;

$\overline{t_{ir}^{n.c.}}$ — среднее время ожидания грузового обслуживания из-за ограниченной пропускной способности в r -ом структурном элементе для i -го типа заявки;

$\delta^i(t)$ - случайная величина характеризующая отклонение от среднего значения времени ожидания грузового обслуживания из-за ограниченной пропускной способности r -го структурного элемента;

$\overline{t_{ir}^{o.n.c.}}$ - среднее время ожидания грузового обслуживания в структурном элементе (для i -го типа заявки) по причине ограничения пропускной способности r -го структурного элемента;

$\delta''(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения времени ожидания грузового обслуживания из-за отсутствия транспортного средства другого вида транспорта в r -ом структурном элементе для i -го типа j -й заявки;

p_{jm}^r приоритетный номер для j -ой заявки в r -ом структурном элементе для m -го варианта обслуживания;

m_{ji}^r - вариант обслуживания j -ой заявки в r -ом структурном элементе для i -го типа;

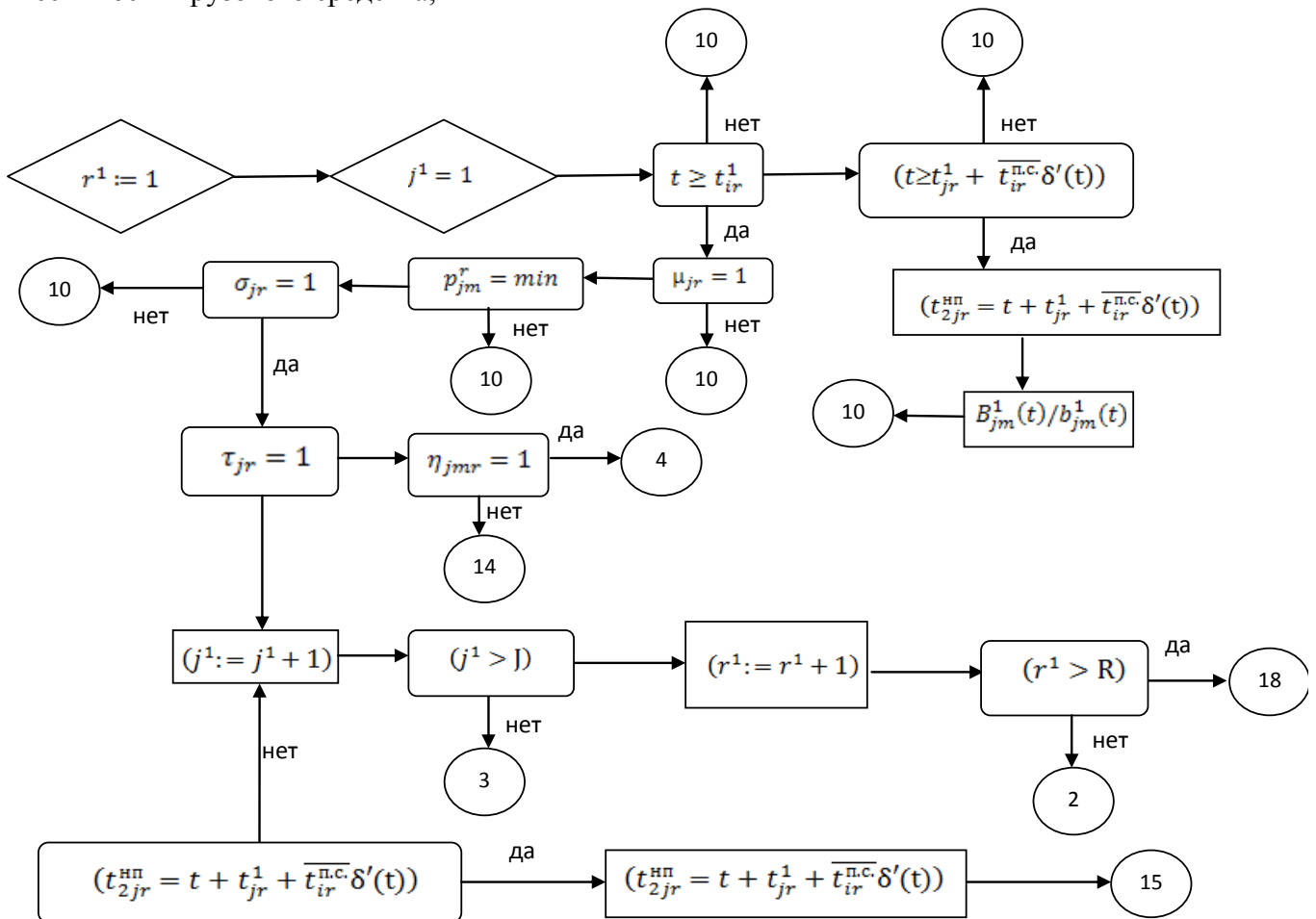
μ_{jm} - признак равный 1, если при m -ом варианте обслуживания необходим лоцман и - 0 в противном случае;



σ_{jm} - Признак равный 1, если при m -ом варианте обслуживания j -ая заявка нуждается в грузовом обслуживании, и 0 в противном случае;

τ_{jim} - Признак равный 1, если при m -ом варианте обслуживания j -ая заявка по m -му варианту обслуживания нуждается в бункеровке и пополнении запасов, и 0 в противном случае;

η_{jir} - Признак равный 1 если при m -ом варианте обслуживания есть ограничение на пропускную способность в r -ом структурном элементе и - 0, если есть ограничения по наличию или вместимости грузового средства;





Если транспортным средством является морское или речное судно то производится проверка ($\mu_{jm} = 1$). Если условие выполняется то осуществляется лоцманское обслуживание.

Далее выбирается на обслуживание заявка с минимальным значением r_{jm}^r и производятся две проверки ($\sigma_{jm} = 1$) и ($\eta_{jm} = 1$), если они выполняются, то в соответствии с вариантом обработки заявки проверяется $\eta_{jir} = 1$.

Если ($\eta_{jir} = 1$) то производится проверка ($t \geq t_{jr}^1 + \overline{t_{ir}^{п.с.}} \delta'(t)$). При выполнении соотношения формулируется ($t_{2jr}^{нп} = t + t_{jr}^1 + \overline{t_{ir}^{п.с.}} \delta'(t)$). Далее управление передается оператору 15, в котором элемент исключается из подмножества $B_{jr}^1(t)$.

Если $\eta_{jm} = 0$, то производится проверка ($t \geq t_{jr}^1 + \overline{t_{ir}^{о.п.с.}} \delta''(t)$). При выполнении условия формируется новое значение ($t_{2jr}^{нп} = t + t_{jr}^1 + \overline{t_{ir}^{о.п.с.}} \delta''(t)$). Затем управление передается 15-ому оператору после чего формируется новое значение ($j^1 := j^1 + 1$) и производится проверка ($j^1 > J$). При выполнении условия формируется значение ($r^1 := r^1 + 1$) и производится проверка ($r^1 > R$). Если условие выполняется то первая часть работы моделирующего алгоритма заканчивается и управление передается 18-му оператору.

Подмножество $B_{jr}^2(t)$ характеризует заявки, находящиеся на погрузке в r -ом структурном элементе в момент t .

Условные обозначения к блок-схеме (см. рис. 2), на которой представлено функционирование системы при обработке заявок находящихся в подмножестве $B_{jr}^2(t)$:

j_2 - номер заявки $j_2 = 1, J$;

r_2 - номер структурного элемента; $r_2 = 1, R$;

t_{jr}^2 - время пребывания j -ой заявки в r -ый структурный элемент;

m_{ij}^r - вариант обслуживания j -ой заявки i -го типа в r -ом структурном элементе;

p_{jm} - приоритетный номер j -ой заявки при m -ом варианте обслуживания;

$\overline{t_{ir}^{погр.}}$ - среднее время погрузки i -го типа j -ой заявки в r -ом структурном элементе в z -ое транспортное средство;

z_{jir}^m - транспортное средство, выбранное для j -ой заявки i -го типа в r -ом структурном элементе в соответствии с m -м вариантом обслуживания;

$\delta'''(t)$ - случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения времени погрузки i -го типа заявки в r -ом структурном элементе;

$t_{2jir}^{нп}$ - время начала погрузки j -ой заявки i -го типа в r -ом структурном элементе;

$t_{2jir}^{оп}$ - время окончания погрузки j -ой заявки i -го типа в r -ом структурном элементе;

W_{jir}^m - признак равный 1, если в r -ом структурном элементе имеется перегруженное средство для j -ой заявки с нормой грузовых работ в соответствии с m -ым вариантом обслуживания и - 0 в противном случае;

Y_{ir}^m - признак равный 1, если в r -ом структурном элементе в соответствии с m -ым вариантом обслуживания для i -го типа заявки есть свободное место и 0 - в противном случае;

t_{jim} - признак равен 1, если при m -ом варианте обслуживания будет производиться бункеровка и пополнение запасов и 0 - в противном случае;

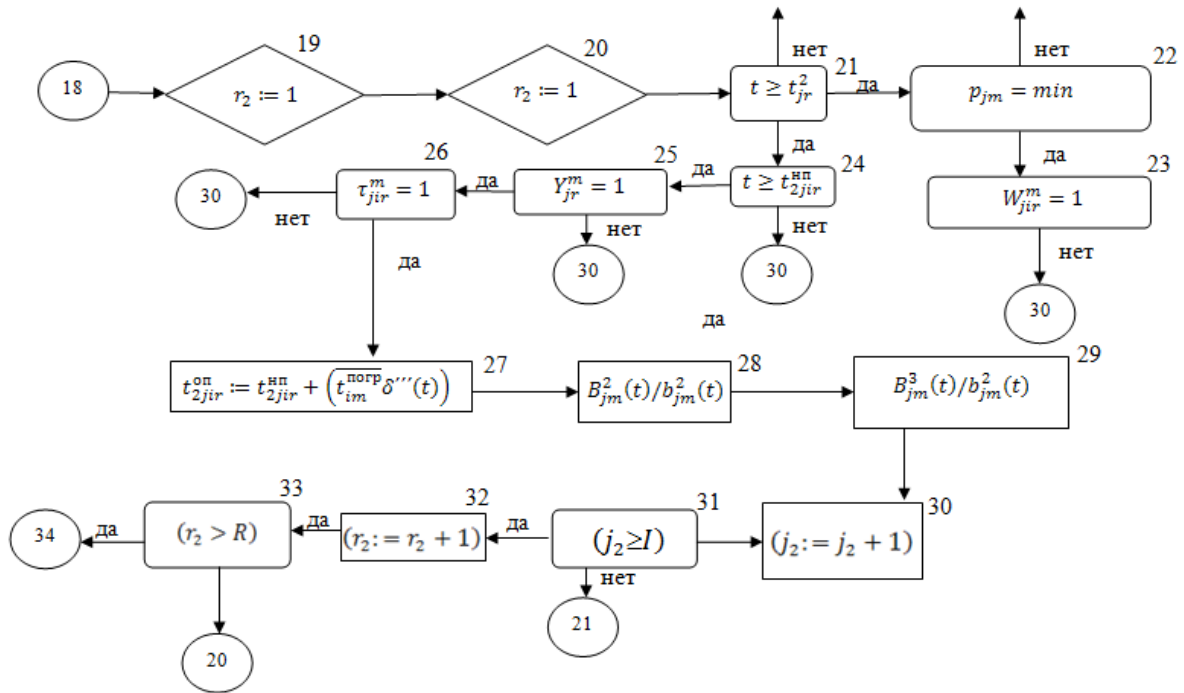


Рис. 2

Функционирование системы транспортного обслуживания в подмножестве $B_{jr}^2(t)$ в виде параметрического описания представлено соотношениями:

$$\begin{aligned} & \{[(b_{jr}^2(t); b_{jr}^2(t) \in B_{jr}^2(t)) \wedge (t \geq t_{jr}^2) \rightarrow (p_{jr} = \min) \rightarrow (W_{jir}^r = 1)] \rightarrow \\ & [(t \geq t_{2jir}^{nn}) \wedge (Y_{jr}^m = 1) \wedge (W_{jir}^m = 1)]\} \rightarrow \\ & \{[t_{2jir}^{op} := t_{2jir}^{nn} + (\overline{t_{ir}^{погр.}} \delta'''(t))] \wedge [(B(t) \setminus b_{jr}^2(t)) \rightarrow B_{jr}^3(t) \setminus b_{jr}^2(t)]\} \wedge [(j_2 := \\ & j_2 + 1) \leftrightarrow (j_2 \geq I)] \wedge [(r_2 := r_2 + 1) \leftrightarrow (r_2 \geq R)] \} \end{aligned}$$

Если существует такой элемент $b_{jr}^2(t) \in B_{jr}^2(t)$, что $(t \geq t_{jr}^2)$, то это означает что заявка прибыла в подмножество $B_{jr}^2(t)$.

Организуется цикл по j_2 , для выбора p_{jr} с минимальным значением. Если (W_{jir}^m) , то на обслуживание выбирается заявка, которая соответствует условию $(t \geq t_{2jir}^{nn})$

Выполнение условий $(Y_{jr}^m = 1)$ и $(W_{jir}^m = 1)$ позволяет формировать для рассматриваемой заявки $(t_{2jir}^{op} := t_{2jir}^{nn})$.

Затем элемент $b_{jr}^2(t)$ исключается из подмножества $B_{jr}^2(t)$ и включается в подмножество $B_{jr}^3(t)$.

Далее управление передается оператору 30, в котором формируется новое значение $(j_2 := j_2 + 1)$ и производится проверка $(j_2 \geq I)$. При выполнении условия формируется новое значение $(r_2 := r_2 + 1)$ и производится проверка $(r_2 > R)$. Если условие выполняется то 2-я часть моделирующего алгоритма закончила работу и управление передается оператору 34.

Подмножество $B_{jr}^3(t)$ характеризует заявки, находящиеся во время транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения в момент времени t .



Условные обозначения к блок-схеме (см. рис. 3), на которой представлено функционирование системы при обслуживании заявок, находящихся в подмножестве $B_{jr}^3(t)$:

j_3 - номер заявки $j_3=1, J$;

r_3 - номер структурного элемента; $r_3=1, R$;

t_{jr}^3 - время поступления j -ой заявки в r -ый структурный элемент;

p_{jm} приоритетный номер j -ой заявки при m -ом варианте обслуживания;

$t_{jir}^{\text{нач}}$ - время начала транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения;

$t_{jir}^{\text{оконч}}$ - время окончания транспортировки груза из пункта отправления в пункт назначения

$\overline{t_{jir}}$ - среднее время транспортировки груза

δ^2 - случайная величина, характеризующая отклонение от среднего значения времени транспортировки груза;

d_n - вероятность s -го маршрута движения; n - номер маршрута движения; $n=1, N$;

S_n - признак соответствия n -му маршруту движения;

S_{jn} - признак соответствия j -ой заявки n -му маршруту движения;

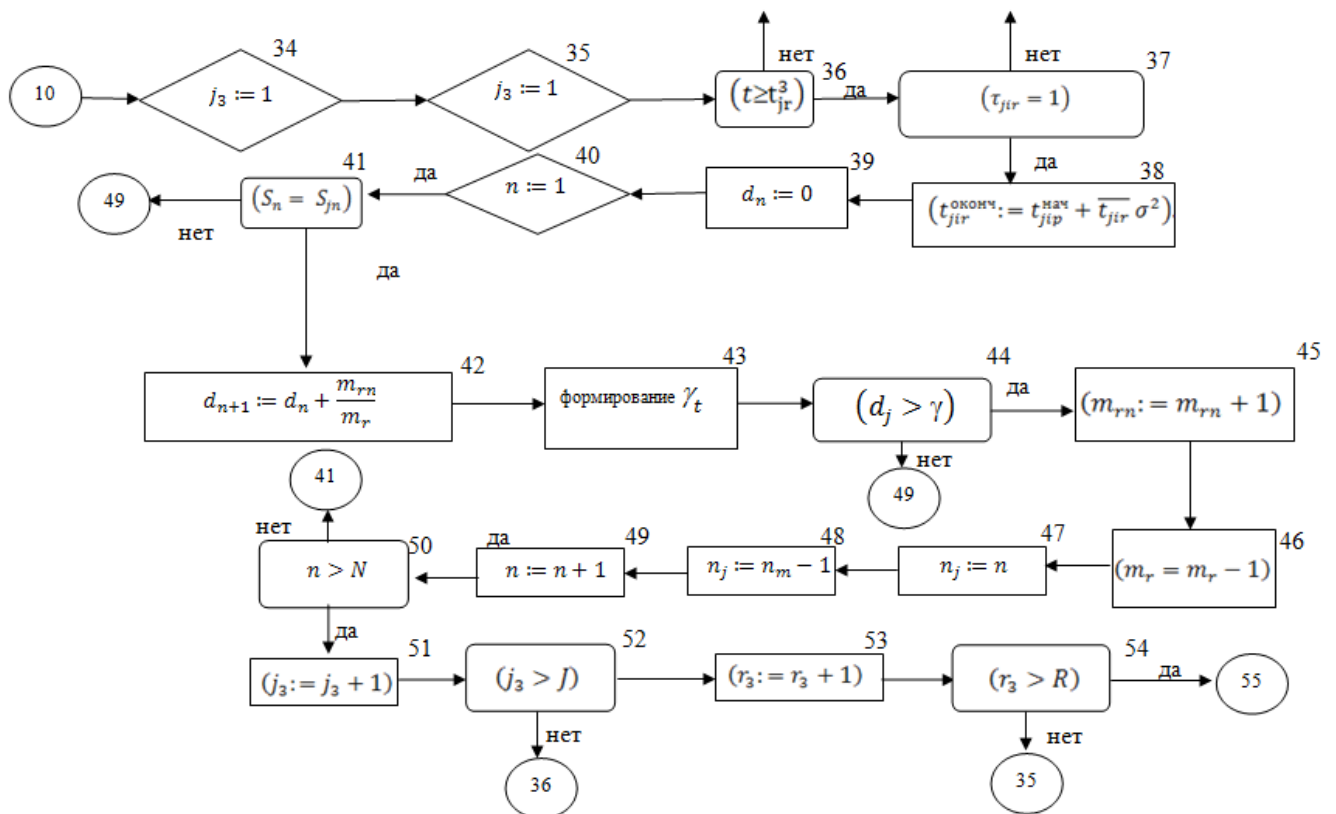


Рис. 3

Q_r - количество заявок прибывающих в r -ый структурный элемент за рассматриваемый промежуток времени;

Q_{nr} - количество заявок прибывающих в r -ый структурный элемент с n -ым номером маршрута движения;

γ - случайная величина равномерно распределенная на промежутке 0,1;



Функционирование системы транспортного обслуживания в подмножестве $B_{jr}^3(t)$ в виде параметрического описания представлено соотношением:

$$\left\{ \left[\left(b_{jr}^3(t); b_{jr}^3(t) \in B_{jr}^3(t) \wedge (t \geq t_{jr}^3) \wedge (r_{jir} = 1) \right) \rightarrow (t_{jir}^{оконч.} := t_{jir}^{нач.} + \overline{t_{jir}} \delta^2) \right] \rightarrow \right. \\ \left. \left[(d_j := 0) \wedge (c := 1) \wedge (S_n = S_{jn}) \right] \rightarrow \left[\left(d_{n+1} := d_n + \frac{Q_{rn}}{Q_r} \right) \wedge \gamma_t \wedge (d_j > \gamma) \wedge (d_j > \right. \right. \\ \left. \left. \gamma_t) \right] \rightarrow (Q_{rn} := Q_{rn} + 1) \wedge (Q_r - 1) \wedge (n_j := N) \wedge (n_j := n_s - 1) \wedge (n := n + 1) \leftrightarrow \right. \\ \left. (n > N) \rightarrow \{ [(j_3 := j_3 + 1) \leftrightarrow (j_3 > J)] \wedge [(r_3 := r_3 + 1 \leftrightarrow r_3 > R)] \} \right\}$$

Из приведенных соотношений следует, что если в подмножестве $b_{jr}^3(t)$ существует элемент $(t \geq t_{jr}^3)$ такой что, то эта заявка прибыла в подмножество $B_{jr}^3(t)$. После выполнения проверки $(r_{jir} = 1)$ формируется $(t_{jir}^{оконч.} := t_{jir}^{нач.} + \overline{t_{jir}} \sigma^2)$.

Затем формируется номер маршрута движения . присваивается значение $(d_j := 0)$ и $(n := 1)$, в противном случае идет цикл по j . Если в соответствии со стандартным алгоритмом выполняется соотношение $(S_n = S_{jn})$, то выполняется значение и формируется значение случайной величины γ_t .

Если выполняется условие $(d_j > \gamma)$ то производится формирование значений $(m_{rn} := m_{rn} + 1)$ и $(m_r := m_r - 1)$. Далее с присваивается новое значение. Если соотношения $(S_n = S_{jn})$ и $(d_j > \gamma)$ не выполняются, то формируется новое значение $(j_3 := j_3 + 1)$ и производится проверка $(j_3 > J)$. Далее формируется новое значение $(r_3 := r_3 + 1)$, производится проверка $(r_3 > R)$, если условие выполняется то 3-я часть алгоритма заканчивается и уравнение передается оператору 55.

Функционирование системы транспортного обслуживания в режиме работы выгрузка в $г$ -ом структурном элементе отражает алгоритм, представленный на рисунке 3.

Условные обозначения к блок-схеме (см. рис. 4):

r^4 - номер структурного элемента $r^4=1, R$;

j^4 - номер заявки $j^4=1, J$;

t_{jr}^4 - время прибытия j -й заявки в $г$ -ый структурный элемент;

p_{jm} - приоритетный номер j -ой заявки при m -ом варианте обслуживания;

μ_{jm} - признак равный 1, если при m -ом варианте обслуживания нужен лоцман и 0 - в противном случае;

$\overline{t_{jir}}$ - среднее время выгрузки j -ой заявки i -го типа в $г$ -ом структурном элементе;

$\varphi^3(t)$ - случайная величина характеризующая отклонения от среднего времени выгрузки;

Z_{jir}^m - признак равный 1, если в $г$ -ом структурном элементе имеется перегрузочное средство для j -ой заявки с нормой грузовых работ в соответствии с m -ым вариантом обслуживания и 0 в противном случае;

$t_{jir}^{НВ}$ - время начала выгрузки j -ой заявки в $г$ -ом структурном элементе;

$t_{jir}^{ОБ}$ - время окончания выгрузки j -ой заявки i -го типа в $г$ -ом структурном элементе;

Y_{jir}^m - признак равный 1 если в $г$ -ом структурном элементе в соответствии с m -ым вариантом обслуживания для i -го типа заявки есть свободное место и 0 в противном случае;

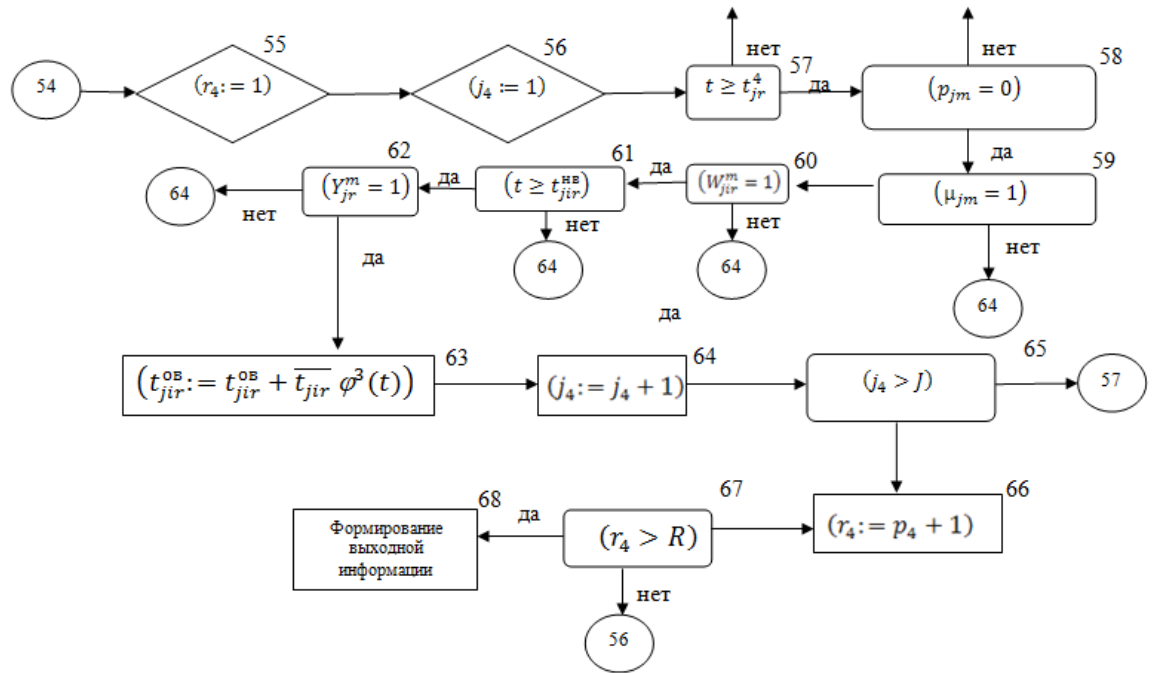


Рис. 4

Функционирование системы при транспортном обслуживании заявок в подмножестве $B_{jr}^4(t)$ в виде параметрического описания в момент времени t представлено соотношениями:

$$[(b_{jr}^4; b_{jr}^4 \in B_{jr}^4) \wedge (t > t_{jr}^4) \rightarrow (p_{jm} = 0) \wedge (\mu_{jm} = 1) \wedge (W_{jir}^m = 1)] \rightarrow$$

$$[(t \geq t_{jir}^{mB}) \wedge (Y_{jir}^m = 1) \wedge (t_{jir}^{ob} := t_{jir}^{ob} + \overline{t_{jir}} \varphi^3(t))] \rightarrow \{(j_4 := j_4 + 1) \leftrightarrow$$

$$(j_4 > J)\} \wedge \{(r_4 := r_4 + 1) \leftrightarrow r_4 > R\}$$

— формирование выходной информации.

Из приведенных соотношений следует, что если в подмножестве $B_{jr}^4(t)$ существует элемент b_{jr}^4 такой что $t > t_{jr}^4$, то эта заявка прибыла в подмножество $B_{jr}^4(t)$.

Если $(p_{jm}) = 1$ и $\mu_{jm} = 1$, то производится проверка (μ_{jm}) и (W_{jir}^m) . Если да, то формируется $(t_{jir}^{ob} := t_{jir}^{ob} + \overline{t_{jir}} \varphi^3(t))$.

Затем формируется новое значение $(j_4 := j_4 + 1)$. Если $(j_4 > J)$, то формируется новое значение $(r_4 := p_4 + 1)$. Если $(r_4 > R)$, то работа моделирующего алгоритма заканчивается и формируется выходная информация за рассматриваемый период T .

Далее по критерию выбирается оптимальный вариант работы системы.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1968 г. – 357 с.
2. Галин А.В. Транспортно-экспедиторское обслуживание. – С.-Петербург: АТР, 2009 г. – 167 с.
3. Емельянова А.Н. Логистика доставки массовых грузов. – С.-Петербург: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2012 г. – 162 с.
4. Кузнецов А.А. Методология управления работой специализированного транспортно-логистического узла. – С.-Петербург: АТР, 2008 г. – 125 с.
5. Эглит Я.Я., Иванов А.В. Методика обоснования оптимального выбора доставки грузов. – С.-Петербург: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2011 г. – 107 с.