

УДК 519.72

С.В. Кузьменко<sup>1</sup>, Н.П. Кузьменко<sup>2</sup>, Н.И. Глинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковський національний університет внутрішніх дел, Харьков

<sup>2</sup> Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харьков

## МОДЕЛИ ВЫБОРА УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОДВИЖЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ

В работе рассматривается решение задачи выбора уровня автоматизации процессов продвижения дискретных материальных потоков. Для ее решения предложено использование математических моделей, которые получены на основе анализа особенностей выполнения информационно-технологических операций по обработке дискретных материальных потоков. Приведены результаты исследования полученных математических моделей.

**Ключевые слова:** математическая модель, дискретный материальный поток, информационно-технологические системы, уровень автоматизации.

### Введение

В настоящее время интенсивно развиваются обслуживающие системы, которые обеспечивают продвижение дискретных материальных потоков от отправителя к получателю [1 – 3]. Как правило, это информационно-технологические системы, в которых происходит обработка как материального, так и информационного потоков. С технологической точки зрения такие системы состоят из множества поставщиков  $E = \{e : e = \bar{1}, E\}$ , множества получателей  $P = \{p : p = \bar{1}, P\}$  и множества центров обработки  $I = \{i : i = \bar{1}, I\}$ , которые взаимосвязаны транспортной сетью. Кроме того, поставщики могут быть и получателями. В таких системах кроме обработки материального потока выполняется обработка и информационного потока, а также обеспечивается синхронизация этих потоков [4 – 5]. На практике при проектировании, в связи с развитием таких систем и изменением зоны обслуживания приходится решать задачу выбора эффективного уровня автоматизации процессов продвижения дискретных материальных потоков.

### Постановка задачи

Для реализации процессов обработки дискретных материальных потоков, в общем случае, используется множество технологических схем  $D = \{d : d = \bar{1}, s\}$  и множество информационных технологий  $I = \{i : i = \bar{1}, n\}$ . Принадлежность к технологической схеме  $d = \bar{1}, s$  и к определенной  $i$ -й операции ( $i = \bar{1}, n$ ) информационной технологии определяется булевой переменной  $x_{di}$ , которая принимает значения 1, если  $i$ -я информационная операция входит в соответствующую  $d$ -ю технологию

и 0 – в противном случае. Тогда задача выбора уровня автоматизации формализуется следующим образом:

минимизировать функцию:

$$Q = \min_X \sum_{i=1, d=1}^{n, s} C_{id} x_{id}; \quad (1)$$

при ограничениях:

1) на время выполнения информационных операций:

$$\sum_{i=1, d=1}^{n, s} t_{id} x_{id} \leq t^k; \quad (2)$$

2) на множество технологических схем реализации информационной технологии:

$$T = \{Tx_i\}; Tx_i = \|x_{id}\|; \quad (3)$$

3) на качественные показатели реализации технологических схем:

$$Kn = \{Kn_d\}; Kn_d = \sum_{i=1}^n Kn_i x_{id}. \quad (4)$$

Здесь  $C_{id}$  – стоимость использования  $i$ -й операции в  $d$ -й технологии;  $t_{id}$  – время выполнения  $i$ -й операции в  $d$ -й технологии;  $Tx_i$  – технологические схемы реализации  $i$ -й операции;  $Kn_d$  – качественные показатели реализации  $d$ -й технологии.

Сформулированная задача (1) – (4) относится к задачам нелинейного программирования с булевыми переменными. Для ее решения могут быть использованы методы перебора, динамического программирования или эвристические методы. В работе предлагается метод решения задачи (1) – (4) на основе математических моделей, которые получены путем анализа особенностей выполнения информационно-технологических операций по обработке дискретных материальных потоков.

В общем случае, затраты  $R$  на реализацию информационно-технологических операций по обработке дискретных материальных потоков подразделяются на технические ( $R_T$ ), информационные ( $R_{и}$ ) и трудовые ( $R_{тр}$ ). Если использовать для оценки уровня затрат стоимостной показатель, то получим:

$$\bar{R} = \bar{R}_{тр} + \bar{R}_{и} + \bar{R}_T. \quad (5)$$

Уровень автоматизации оценивается коэффициентом автоматизации:

$$K_{авт} = \frac{A_{в}}{K_{оп}}, \quad (6)$$

где  $A_{в}$  – количество автоматизированных операций;  $K_{оп}$  – общее количество операций, которые выполняются при обработке входящего материального потока  $M_{вх}(t)$ .

Учитывая, что  $N_{в} = K_{оп} - A_{в}$  – количество неавтоматизированных операций, выражение (6) запишется в виде:

$$K_{авт} = \frac{A_{в}}{A_{в} + N_{в}}. \quad (7)$$

Рассмотрим, каким образом ресурсы  $\bar{R}$ ,  $\bar{R}_{тр}$ ,  $\bar{R}_{и}$ ,  $\bar{R}_T$  зависят от уровня автоматизации, т.е. определим зависимости  $\bar{R} = f(A_{в})$ ,  $\bar{R}_{тр} = f(A_{в})$ ,  $\bar{R}_{и} = f(A_{в})$ ,  $\bar{R}_T = f(A_{в})$ . В общем случае, при увеличении уровня автоматизации ( $A_{в} \rightarrow 1$ )  $\bar{R}_{тр}$  – падают (рис. 1),  $\bar{R}_{и}$  – растут до насыщения,  $\bar{R}_T$  – резко растут.

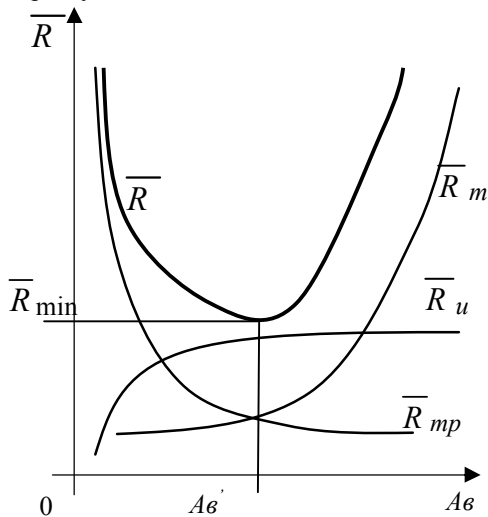


Рис. 1. Зависимость ресурсов  $\bar{R}$ ,  $\bar{R}_{тр}$ ,  $\bar{R}_{и}$ ,  $\bar{R}_T$  от уровня автоматизации

Это объясняется тем, что при увеличении уровня автоматизации значительно уменьшается уровень использования ручного труда, но значительно растут затраты на закупку и установку

средств вычислительной техники и автоматизированного оборудования, а в связи с созданием информационного обеспечения на определенных уровнях автоматизации затраты на его поддержание растут незначительно.

Общие затраты будут иметь вид функции с заломом, т.е. имеет минимум при определенном значении уровня автоматизации.

### Математические модели оценки затрат

Представим основные математические модели оценки затрат  $\bar{R} = f(A_{в})$ ,  $\bar{R}_{и} = f(A_{в})$ ,  $\bar{R}_{тр} = f(A_{в})$ ,  $\bar{R}_T = f(A_{в})$ , которые получены на основе анализа особенностей информационно-технологических процессов обработки дискретных материальных потоков.

Затраты на трудовые ресурсы  $\bar{R}_{тр}$  можно представить в следующем виде:

$$\bar{R}_{тр} = \bar{R}_{тр}^{ав} + \bar{R}_{тр}^{нв} = \sum_{o=1}^{A_{в}} \bar{R}_{тр o}^{ав} + \sum_{n=1}^{N_{в}} \bar{R}_{тр n}^{нв}, \quad (8)$$

где  $\bar{R}_{тр}^{ав}$ ,  $\bar{R}_{тр}^{нв}$  – трудовые ресурсы, соответственно, на выполнение автоматизированных и неавтоматизированных операций;  $\bar{R}_{тр o}^{ав}$ ,  $\bar{R}_{тр n}^{нв}$  – трудовые ресурсы, соответственно, на выполнение каждой  $o$ -й автоматизированной и каждой  $n$ -й неавтоматизированной операции.

Перейдя к средним затратам на выполнение автоматизированных  $\bar{R}_{тр ср}^{ав} = \frac{\sum \bar{R}_{тр o}^{ав}}{A_{в}}$  и неавтоматизированных  $\bar{R}_{тр ср}^{нв} = \frac{\sum \bar{R}_{тр n}^{нв}}{N_{в}}$  операций, получим:

$$\bar{R}_{тр} = A_{в} \bar{R}_{тр ср}^{ав} + N_{в} \bar{R}_{тр ср}^{нв} \quad (9)$$

Учитывая, что

$$N_{в} = A_{в} \frac{(1 - K_{авт})}{K_{авт}}, \quad (10)$$

из (9) получим:

$$\bar{R}_{тр} = A_{в} \left[ \bar{R}_{тр ср}^{ав} + \bar{R}_{тр ср}^{нв} \frac{(1 - K_{авт})}{K_{авт}} \right]. \quad (11)$$

В общем случае,  $\bar{R}_{тр}$  – это затраты на заработную плату операторов и работников, занятых выполнением информационных и технологических операций. Поэтому:

$$\bar{R}_{тр ср}^{ав} = T_{р ср}^{ав} \cdot C_{зп}^{ав} \cdot K_{нач}; \quad (12)$$

$$\bar{R}_{тр ср}^{нв} = T_{р ср}^{нв} \cdot C_{зп}^{нв} \cdot K_{нач}, \quad (13)$$

где  $T_{р ср}^{ав}$ ,  $T_{р ср}^{нв}$  – средняя трудоемкость вы-

полнения, соответственно, автоматизированной и неавтоматизированной операции;  $C_{зп}^{ab}$ ,  $C_{зп}^{hb}$  – средние часовая ставка работников, выполняющих, соответственно, автоматизированные и неавтоматизированные операции;  $K_{нач}$  – коэффициент начисления на зарплату.

Подставив (12) и (13) в зависимость (11) и учитывая, что

$$A_v = K_{оп} K_{авт},$$

получим:

$$\bar{R}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \times \left[ \hat{O}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \hat{N}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} + \hat{O}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \hat{N}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \frac{(1 - \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}})}{\hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} \right]. \quad (14)$$

Введем следующие коэффициенты:

– коэффициент понижения трудоемкости выполнения неавтоматизированных операций по сравнению с автоматизированными операциями:

$$K_{понтр} = \frac{Tr_{cp}^{hb}}{Tr_{cp}^{ab}}; \quad (15)$$

– коэффициент повышения средне часовой ставки при выполнении автоматизированных операций по сравнению с неавтоматизированными:

$$K_{повзп} = \frac{C_{зп}^{ab}}{C_{зп}^{hb}}. \quad (16)$$

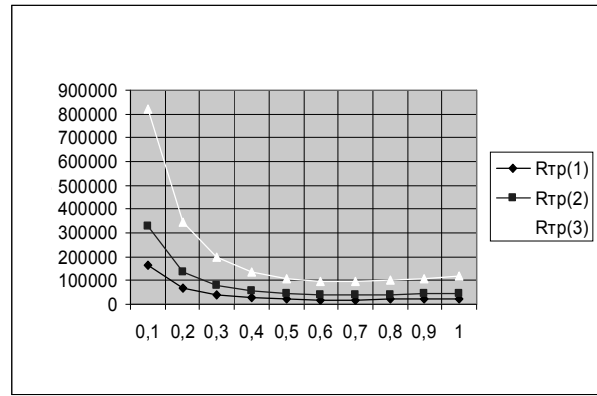
С учетом (15) и (16), получим:

$$\bar{R}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{O}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \hat{N}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \times \left[ 1 + \frac{\hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} (1 - \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}})}{\hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} \right]. \quad (17)$$

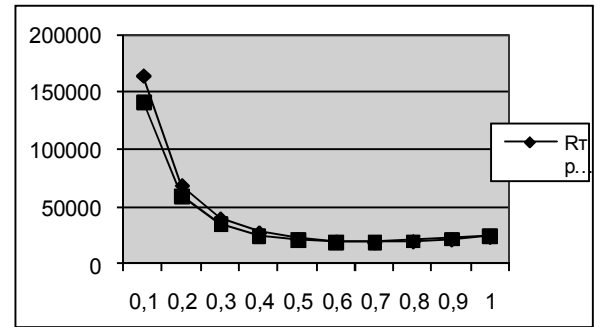
Анализ этой зависимости (17) показывает, что  $K_{оп}$ ,  $K_{нач}$ , в общем случае, являются постоянными. Остальные параметры  $Tr_{cp}^{ab}$ ,  $C_{зп}^{ab}$  – являются функциями  $K_{авт}$ . В общем случае можно принять, что трудоемкость работ, которые выполняются автоматизированным способом, пропорциональна коэффициенту автоматизации (то есть можно принять, что  $K_{авт}$  есть отношение трудоемкости работ  $Tr^{ab}$ , выполняемых автоматизировано, к общей трудоемкости  $Tr$ ), а среднечасовая ставка  $C_{зп}^{ab}$  растет с ростом  $K_{авт}$  с постоянным коэффициентом, т.е.  $K_{повзп} = const$ . Тогда

$$\bar{R}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = \hat{O}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{N}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \times \left[ 1 + \frac{(1 - \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}})^2}{\hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \cdot \hat{E}_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} \right]. \quad (18)$$

Результаты исследования зависимости (18) приведены на рис. 2.



а



б

Рис. 2. Исследование зависимости  $R_{тр} = f(K_{авт})$ :

а – при  $K_{повзп} = 1,2$ ,  $C_{зп}^{hb} = 4$  грн/час,  $Tr = var$ :

$R_{тр}(1)$  – при  $Tr = 5000$  час;  $R_{тр}(2)$  – при

$Tr = 10000$  час;  $R_{тр}(3)$  – при  $Tr = 25000$  час;

б – при  $Tr = 5000$  час,  $C_{зп}^{hb} = 4$  грн/час,

$K_{повзп} = var$ :  $R_{тр}(4)$  – при  $K_{повзп} = 1,2$ ;

$R_{тр}(5)$  – при  $K_{повзп} = 1,4$

Как видно, характер  $\bar{R}_{тр} = f(K_{авт})$  остается экспоненциальным.

При изменении величины трудоемкости  $Tr$  и неизменном значении  $K_{повзп} = 1,2$  кривая зависимости поднимается (рис. 2, а).

При постоянной величине  $Tr$   $C_{зп}^{ab} = 20000$  изменение  $K_{повзп}$  в пределах от 1,2 до 1,4 не приводит к изменению ни вида, ни формы кривой, так как кривые практически накладываются друг на друга (рис. 2, б).

**Затраты на технические ресурсы**  $\bar{R}_T$  включают затраты на технические ресурсы для выполнения автоматизированных  $\bar{R}_T^{ab}$  и неавтоматизированных  $\bar{R}_T^{hb}$  операций:

$$\bar{R}_T = \bar{R}_T^{ab} + \bar{R}_T^{hb}. \quad (19)$$

Затраты на технические ресурсы для выполнения автоматизированных и неавтоматизированных

операций можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \bar{R}_T^{ab} &= \sum_{o=1}^{Ab} \frac{Tr_o^{ab}}{Pr_o} \cdot C_o^{ab}; \\ \bar{R}_T^{nb} &= \sum_{n=1}^{Nb} \frac{Tr_n^{nb}}{H_n} \cdot C_n^{nb}, \end{aligned} \quad (20)$$

где  $Tr_o^{ab}, Tr_n^{nb}$  – трудоемкость выполнения, соответственно, автоматизированных и неавтоматизированных операций;  $Pr_o, H_n$  – соответственно, производительность выполнения операций на автоматизированном оборудовании и норма выработки выполнения операций на неавтоматизированных рабочих местах;  $C_o^{ab}, C_n^{nb}$  – стоимость, соответственно, автоматизированного и неавтоматизированного оборудования на операциях технологического процесса.

Перейдя к средним значениям трудоемкости и стоимости, получим:

$$\bar{R}_T = Av C_{o\text{cp}}^{ab} \cdot \frac{Tr_{cp}^{ab}}{Pr_{cp}} + Nb C_{n\text{cp}}^{nb} \cdot \frac{Tr_{cp}^{nb}}{H_{cp}}, \quad (21)$$

где  $C_{o\text{cp}}^{ab} = \frac{\sum C_o^{ab}}{Av}$ ,  $C_{n\text{cp}}^{nb} = \frac{\sum C_n^{nb}}{Nb}$  – средняя стоимость единицы оборудования, соответственно, на автоматизированных и неавтоматизированных операциях технологического процесса;

$Tr_{o\text{cp}}^{ab} = \frac{\sum Tr_o^{ab}}{Av}$ ,  $Tr_{n\text{cp}}^{nb} = \frac{\sum Tr_n^{nb}}{Nb}$  – средняя трудоемкость выполнения, соответственно, автоматизированных и неавтоматизированных операций;

$Pr_{cp} = \frac{\sum Pr_o}{Av}$  – средняя производительность выполнения операций на автоматизированных рабочих

местах;  $H_{cp} = \frac{\sum H_n}{Nb}$  – средняя норма выработки выполнения операций на неавтоматизированных рабочих местах.

Выполнив преобразования и введя следующие показатели:

– коэффициент повышения стоимости автоматизированного оборудования  $C_{cp}^{ab}$  по сравнению с неавтоматизированным  $C_{cp}^{nb}$ :

$$K_{пов ст} = \frac{C_{cp}^{ab}}{C_{cp}^{nb}}; \quad (22)$$

– коэффициент понижения трудоемкости на неавтоматизированных операциях по сравнению с автоматизированными  $K_{пон тр}$ ;

– коэффициент повышения производительности

при использовании автоматизированных операций:

$$K_{пов пр} = \frac{Pr_{cp}}{H_{cp}}, \quad (23)$$

получим:

$$\bar{R}_T = K_{оп} \cdot K_{авт} \cdot \frac{Tr_{cp}^{ab} \cdot C_{cp}^{ab}}{Pr_{cp}} K_p; \quad (24)$$

$$\text{где } K_p = \left[ 1 + \frac{K_{пов пр} \cdot K_{пон тр} (1 - K_{авт})}{K_{авт} \cdot K_{пов ст}} \right].$$

Анализ зависимости (24) показывает, что  $Pr_{cp}$  и  $C_{cp}^{ab}$  являются функциями  $K_{авт}$ . С учетом ранее принятых предположений по трудоемкости автоматизированных операций, получим:

$$\bar{R}_T = Tr_p \cdot K_{авт}^2 \cdot \frac{C_{cp}^{ab}}{Pr_{cp}} \left[ 1 + \frac{K_{пов пр} (1 - K_{авт})^2}{K_{авт}^2 \cdot K_{пов ст}} \right]. \quad (25)$$

Результаты исследования зависимости (25) приведены на рис. 3.

**Затраты на информационные ресурсы**  $\bar{R}_и$  состоят из затрат на закупку нормативных документов (справочников, правил, положений, графиков, маршрутов движений и т. п.) –  $\bar{R}_{док}$ , затрат на создание нормативно-справочной информации системы –  $\bar{R}_{нси}$  и затрат на создание и ведение оперативных данных –  $\bar{R}_{оп}$ , то есть:

$$\bar{R}_и = \bar{R}_{док} + \bar{R}_{нси} + \bar{R}_{оп}. \quad (26)$$

Затраты на закупку и размножение нормативных документов определяются по зависимости:

$$\bar{R}_{док} = Nb C_{док} = \frac{Av C_{док} (1 - K_{авт})}{K_{авт}}, \quad (27)$$

где  $C_{док}$  – средняя стоимость документации, которая должна быть закуплена, на одно неавтоматизированное рабочее место.

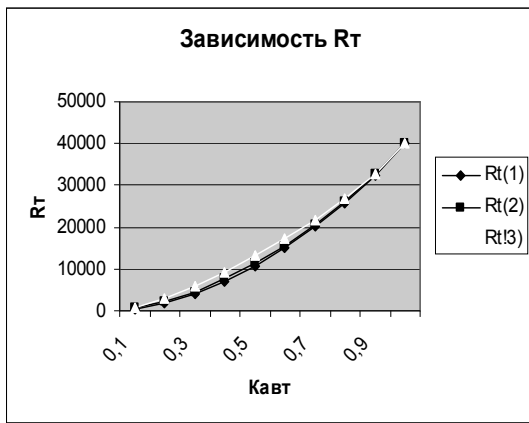
Затраты на создание и ведение оперативных данных определяются по зависимости:

$$\bar{R}_{оп} = \sum_{o=1}^{Av} \frac{Tr_{оп o} \cdot C_{оп o}^1}{H_{оп o}^1}, \quad (28)$$

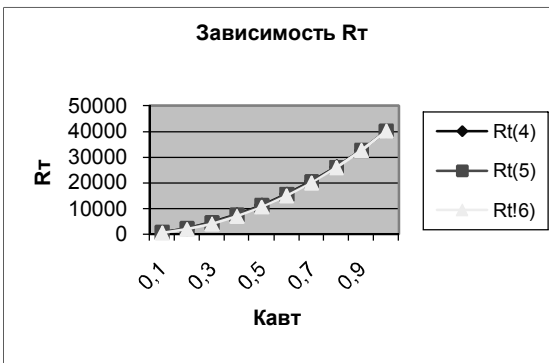
Перейдя к средним значениям в зависимости (28), получим:

$$\bar{R}_{оп} = \frac{Av Tr_{оп} C_{оп}'}{H_{оп}}, \quad (29)$$

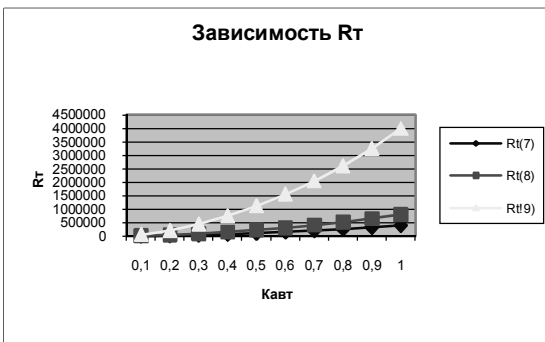
где  $Tr_{оп}$  – средняя трудоемкость создания и ведения оперативных данных на автоматизированном рабочем месте;  $C_{оп}'$  – средне часовая ставка оператора автоматизированного рабочего места;  $H_{оп}'$  – норма выработки при вводе оперативных данных на автоматизированном рабочем месте.



а



б



в

Рис. 3. Исследование зависимости  $R_T = f(K_{авт})$ : а, б – при  $Tr C_{cp} / Pr_{cp} = 40000$ ;  $k = K_{пов пр} / K_{пов ст} = var$ :  $R_T(1), k = 1$ ;  $R_T(2), k = 2$ ;  $R_T(3), k = 5$ ;  $R_T(4), k = 2$ ;  $R_T(5), k = 1.6$ ;  $R_T(6), k = 0.8$ ; в – при  $K_{пов пр} / K_{пов ст} = 2$ ,  $A = Tr C_{cp} / Pr_{cp} = var$ ;  $R_T(4), A = 40000$ ;  $R_T(5), A = 80000$ ;  $R_T(6), A = 400000$

Используя (27), (28) и (29), получим:

$$\bar{R}_i = \hat{E}_{i\bar{i}} \tilde{N}_{ai\hat{e}} (1 - \hat{E}_{\hat{a}\hat{a}\hat{o}}) + \frac{\tilde{N}_{i\bar{i}}}{\hat{I}_{i\bar{i}}} (\hat{\Delta}_{i\bar{m}} + \hat{\Delta}_{i\bar{i}}). \quad (30)$$

В этом выражении  $\frac{Tr_{нси} \cdot C_{оп}}{H_{оп}}$  является постоянно величиной, т.к., в общем случае, объем НСИ не зависит от уровня автоматизации.  $\frac{Tr_{оп} \cdot C_{оп}}{H_{оп}}$  – это затраты на ввод оперативной информации по автоматизированным рабочим местам. Если и средним показателям, то это выражение можно записать в виде:

$$\bar{R}_{оп} = A_{в} \frac{Tr_{оп ср} \cdot C_{оп}}{H_{оп}}, \quad (31)$$

где  $\frac{C_{оп} \cdot Tr_{оп ср}}{H_{оп}} = C_{вв}$  – средняя стоимость ввода оперативной информации на одном автоматизированном рабочем месте. С учетом выше изложенного, зависимость (30) запишется в виде:

$$\bar{R}_i = K_{оп} [C_{док} (1 - K_{авт}) + C_{вв} \cdot K_{авт}] + \bar{R}_{нси}. \quad (32)$$

Вид зависимости (32) во многом определяется соотношением  $K_{вв} = \frac{C_{вв}}{C_{док}}$  между стоимостью ведения оперативных данных и стоимостью документации.

В реальных системах это соотношение колеблется от сотен до нескольких тысяч. Поэтому:

$$\bar{R}_i = \frac{A_{в} C_{док} (1 - K_{авт})}{K_{авт}} + Tr_{нси} C_{оп} + A_{в} Tr_{оп} C'_{оп} = K_{оп} K_{авт} \left[ \frac{C_{док} (1 - K_{авт})}{K_{авт}} + Tr_{оп} C_{оп} \right] + Tr_{нси} C_{оп}, \quad (33)$$

где  $C_{оп}$  – средне часовая ставка оператора, который обеспечивает ввод данных как при создании НСИ, так и при создании оперативной информации на автоматизированном рабочем месте обработки потоков отправлений.

Результаты исследования  $\bar{R}_i = f(A_{в})$  приведены на рис. 4.

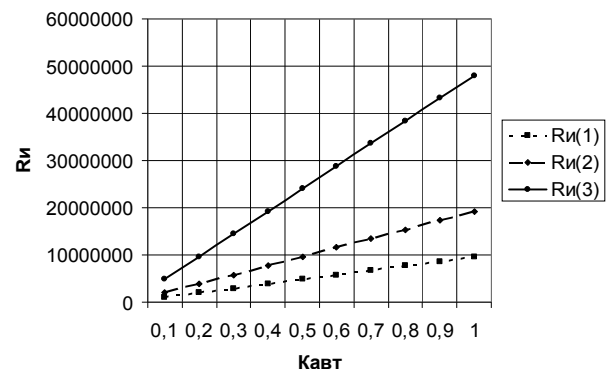


Рис. 4. Исследование зависимости  $\bar{R}_i = f(A_{в})$  для различных значений суммарной трудоемкости:  $R_i(1) = 240000$  чел/час,  $R_i(2) = 480000$  чел/час,  $R_i(3) = 1200000$  чел/час

Суммарные затраты  $\bar{R}$  на основании зависимостей (18), (25), (33) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \bar{R} = & \text{Tr} K_{\text{авт}} C_{\text{зп}}^{\text{НВ}} K_{\text{повзп}} Z + \\ & + \text{Tr} K_{\text{авт}}^2 \frac{C_{\text{ср}}^{\text{ав}}}{\text{Пр}_{\text{ср}}} \left[ 1 + \frac{K_{\text{пов ср}} (1 - K_{\text{авт}})^2}{K_{\text{авт}}^2 K_{\text{пов ст}}} \right] + \\ & + K_{\text{оп}} C_{\text{док}} [1 - K_{\text{авт}} + K_{\text{вв}} \cdot K_{\text{авт}}], \end{aligned} \quad (34)$$

$$\text{где } Z = \left[ 1 + \frac{(1 - K_{\text{авт}})^2}{K_{\text{пов зп}} \cdot K_{\text{авт}}^2} \right].$$

Зависимость (34) используется для определения оптимального уровня автоматизации, при котором затраты на создание системы будут минимальными.

### Выводы

1. Полученные в работе математические модели позволяют определить численные значения затрат для различных значений уровня автоматизации (Ав) и строить зависимости

$$\begin{aligned} \bar{R}_{\text{тр}} &= f(\text{Ав}), \quad \bar{R}_{\text{т}} = f(\text{Ав}), \\ \bar{R}_{\text{и}} &= f(\text{Ав}), \quad \bar{R} = f(\text{Ав}). \end{aligned}$$

Используя эти зависимости, можно оценить уровень автоматизации, при котором затраты на создание автоматизированных процессов обработки дискретных материальных потоков будут минимальными.

2. Дальнейшим направлением исследований является разработка метода и программных средств

выбора оптимального уровня автоматизации процессов обработки дискретных материальных потоков и исследование поведения  $\bar{R}_{\text{min}}$  при различных значениях переменных функции  $\bar{R} = f(\text{Ав})$ .

### Список литературы

1. Степанов В.И. Логистика: учебник для вузов / В.И. Степанов. – Проспект, 2009. – 488 с.
2. Методы и модели теории логистики: учеб. пос. / Под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2003. – 176 с.
3. Рыжиков Ю. Теория очередей и управление запасами: Учебное пособие / Ю. Рыжиков. – М.: Дело, 2001. – 341 с.
4. Гребенник И.В. Информационная технология контроля прохождения дискретных материальных потоков / И.В. Гребенник, С.В. Кузьменко // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. – № 1 (24). – С. 199-204.
5. Гребенник И.В. Многофакторное оценивание объектов контроля в дискретных распределенных системах / И.В. Гребенник, С.В. Кузьменко // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2007. – № 1 (27). – С. 94-97.

Поступила в редколлегию 8.04.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.Д. Борячок, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### МОДЕЛІ ВИБОРУ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПРОСУНЕННЯ ДИСКРЕТНИХ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ

С.В. Кузьменко, Н.П. Кузьменко, Н.І. Глинський

У роботі розглядається рішення задачі вибору рівня автоматизації процесів просування дискретних матеріальних потоків. Для її рішення запропоновано використання математичних моделей, які отримані на базі аналізу особливостей виконання інформаційно-технологічних операцій з обробки дискретних матеріальних потоків. Приведені результати дослідження отриманих математичних моделей.

**Ключові слова:** математична модель, дискретний матеріальний потік, інформаційно-технологічні системи, рівень автоматизації.

### MODELS OF A CHOICE OF LEVEL OF AUTOMATION OF PROCESSES OF ADVANCEMENT OF DISCRETE MATERIAL STREAMS

S.V. Kuzmenko, N.P. Kuzmenko, N.I. Glinskiy

In work the decision of a problem of a choice of level of automation of processes of advancement of discrete material streams is considered. For its decision use of mathematical models which are received on the basis of the analysis of features of performance of information-technological operations on processing of discrete material streams is offered. Results of research of the received mathematical models are given.

**Keywords:** mathematical model, discrete material stream, information-technological systems, level of automation.