

ББК 65.23; УДК 330.322

## ОПТИМИЗАЦИЯ СКЛАДСКОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЁТОМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПОСТАВЩИКОВ

© 2012 В. Д. Богатырев, К. А. Юрченко

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Представлена модель снабженческо-закупочной деятельности машиностроительного предприятия, включающая в себя четыре основных вида затрат – на закупку, транспортировку, хранение, обслуживание банковского кредита. Модель учитывает дискретный характер производства, хранения и транспортировки сырья и материалов, благодаря чему возможна оптимизация снабженческо-закупочной деятельности путём выбора объёмов и времени закупок у поставщиков, а также перераспределения объёмов между видами сырья и материалов на складе.

*Экономико-математические модели, машиностроительное предприятие, закупка, транспортировка, складское хранение, банковское кредитование.*

### Введение

Деятельность машиностроительных предприятий исследуется многими авторами. Подробно проработаны вопросы организации производства, экономического планирования, бухгалтерского учета, финансового менеджмента, снабжения и закупок. Однако необходимо отметить, что в работах, как правило, рассматривается только один из бизнес-процессов без их общей взаимной увязки. Например, вопросы снабженческо-сбытовой деятельности изучаются без учета финансовой и операционной деятельности предприятия в целом. В некоторых работах по логистике предпринимаются шаги по взаимной увязке всех потоков предприятия – материальных, финансовых и информационных, но предлагаемые решения носят общий характер и не учитывают особенностей функционирования машиностроительных предприятий [1].

В качестве таких особенностей можно выделить дискретный характер производства, при котором готовая продукция собирается из узлов и блоков, узлы и блоки – из деталей и комплектующих изделий, а последние производятся из сырья и материалов. Каждый из видов производственных запасов нуждается в организации деятельности по их закупке, хране-

нию и транспортировке. Кроме того, в себестоимости готовой продукции доля закупаемых сырья, материалов и комплектующих изделий, поставляемых сторонними организациями, значительна, что существенным образом определяет финансовые потоки машиностроительного предприятия и, следовательно, логистика производственных запасов должна формироваться с учетом финансовых возможностей предприятия [2].

В связи с вышесказанным предлагается экономико-математическая модель снабженческо-закупочной деятельности машиностроительного предприятия, позволяющая оптимизировать как материальный, так и денежный потоки, и включающая в себя четыре элемента – затраты на закупку, хранение, транспортировку и обслуживание банковского кредита. Модель учитывает дискретный характер производства готовой продукции, хранения и транспортировки производственных запасов.

**Экономико-математическая модель снабженческо-закупочной деятельности машиностроительного предприятия**

Затраты на закупочно-снабженческую деятельность машино-

строительного предприятия  $Z^t(s)$  предлагается разделить на следующие укрупнённые виды:

$$Z^t(s) = Z_p^t(s) + Z_T^t(s) + Z_W^t(s) + Z_C^t(s),$$

где  $Z_p^t(s)$  - затраты на закупку сырья, материалов и комплектующих изделий;  $Z_T^t(s)$  - затраты на их транспортировку;  $Z_W^t(s)$  - затраты на их хранение;  $Z_C^t(s)$  - затраты на оплату процентов за пользование кредитом.

Объём закупок сырья, материалов и комплектующих изделий можно представить в виде трёхмерной матрицы:

$$s = \left\| s_{jn}^t \right\|_{\substack{t=1, \dots, T \\ j=1, \dots, J \\ n=1, \dots, N_S}},$$

где  $s_{jn}^t$  представляет собой объём закупки  $j$ -го вида ресурса у  $n$ -го поставщика в  $t$ -й момент времени;  $J$  - количество видов исходного сырья и материалов, используемых в производстве на самом низшем уровне технологии ( $j = 1, \dots, J$ );  $N_S$  - количество поставщиков машиностроительного предприятия ( $n = 1, \dots, N_S$ );  $T$  - количество временных периодов, для которых проводится планирование закупочно-снабженческой деятельности ( $t = 1, \dots, T$ ).

При таком обозначении переменных вектор  $s_{jn} = (s_{jn}^1, \dots, s_{jn}^t, \dots, s_{jn}^T)$  обозначает закупки  $j$ -го вида ресурса у  $n$ -го поставщика в течение всего расчётного периода; вектор  $s_n^t = (s_{1n}^t, \dots, s_{jn}^t, \dots, s_{Jn}^t)$  обозначает закупки всех видов ресурсов у  $n$ -го поставщика в  $t$ -й момент времени.

Здесь можно выделить две агрегированные величины, представляющие собой объём закупок  $j$ -го вида ресурса в момент времени  $t$  по всем поставщикам:

$$S_j^t = \sum_{n=1}^{N_S} s_{jn}^t,$$

и объём закупок  $j$ -го вида ресурса у  $n$ -го поставщика за всё время моделирования до момента  $t$ :

$$S_{jn}^t = \sum_{t=1}^t s_{jn}^t.$$

При моделировании затрат на закупку  $Z_p^t(s)$  необходимо знать как объёмы, так и цены накупаемые у поставщиков сырья и материалы. Цена за единицу ресурса зависит от типа рынка. Если рынок с высоким уровнем конкуренции, то цена фиксирована и складывается в результате конкурентной борьбы, а если рынок близок к монополии, то цену устанавливает поставщик ресурса. В данной работе предполагается, что имеется рынок с низким уровнем конкуренции, что справедливо для рынка промежуточного продукта, когда несколько поставщиков предлагают на рынок оптовые объёмы сырья, материалов и комплектующих изделий нескольким производителям. Для такого типа рынка цена  $z$  моделируется как некоторая зависимость от закупаемого объёма. Здесь возможно несколько вариантов. В первом варианте цена зависит от объёма ресурса, закупаемого в текущий момент  $z_{jn}^t(s_{jn}^t)$ . Во втором варианте цена зависит от объёма ресурса, закупаемого с начала действия договора, заключенного с поставщиком, или с начала года  $z_{jn}^t(S_{jn}^t)$ . В третьем варианте цена зависит не только от объёма ресурса, но и от времени  $t$ .

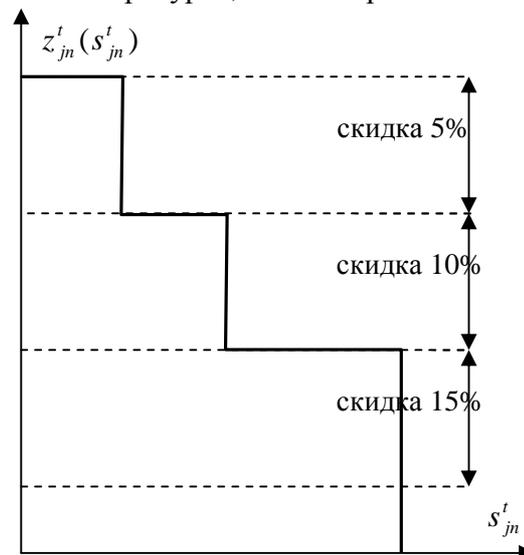


Рис. 1. Пример функции предложения поставщика

Необходимо отметить, что вышеуказанные зависимости в экономической теории называются индивидуальными функциями предложения [3]. Графически их

можно отобразить в виде ступенчатой функции, где уровни можно интерпретировать как цены без скидки, со скидкой, со скидкой для постоянного покупателя (рис. 1).

Объединяя все возможные варианты, предлагается обозначить зависимость цены от времени и объёма закупки в виде  $z'_{jn}(s_{jn})$ . Данная функция показывает цену за единицу  $j$ -го ресурса у  $n$ -го поставщика в период времени.

Тогда затраты на закупку  $j$ -го вида сырья и материалов в  $t$ -м периоде у  $n$ -го поставщика рассчитываются как произведение объёма на цену:

$$s'_{jn} \cdot z'_{jn}(s_{jn}).$$

Затраты на закупку  $j$ -го вида сырья и материалов в  $t$ -м периоде у всех поставщиков получают суммированием:

$$Z'_j(s_j) = \sum_{n=1}^{N_s} s'_{jn} \cdot z'_{jn}(s_{jn}),$$

где  $s_j = \left\| s'_{jn} \right\|_{t=1, \dots, T}$  – матрица объёмов закупки  $j$ -го вида сырья и материалов у всех поставщиков для всех временных периодов.

То есть, затраты машиностроительного предприятия на закупку всех видов сырья и материалов в  $t$ -м периоде получают в результате суммирования:

$$Z'_p(s) = \sum_{j=1}^J Z'_j(s_j) = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_s} s'_{jn} \cdot z'_{jn}(s_{jn}).$$

Объёмы закупки сырья и материалов в каждом из периодов могут точно соответствовать их расходу в производство или не соответствовать из-за складских и транспортных особенностей.

Движение сырья и материалов предлагается моделировать следующим образом – остатки на конец  $(t+1)$ -го периода  $X_{M_j}^{t+1}$  равны сумме остатков на начало  $t$ -го периода  $X_{M_j}^t$  и объёмам прихода их на склад  $M_j^t$  за вычетом расхода в производство  $m_j^t$ :

$$X_{M_j}^{t+1} = X_{M_j}^t + S_j^t - m_j^t.$$

По этой формуле определяется минимальный необходимый (расчётный) объём закупки в  $t$ -м периоде, исходя из остатков на начало периода  $X_{M_j}^t$ , расхода в производство  $m_j^t$  и минимального неснижаемого остатка на конец периода  $X_{M_j}^{t+1}$ :

$$M_j^t = X_{M_j}^{t+1} - X_{M_j}^t + m_j^t.$$

Расчёт объёмов расхода сырья и материалов в производство определяется на основе метода технологического нормирования, при котором, исходя из технологии производства, определяются прямые затраты в физическом выражении на единицу выпуска:

$$m_j^t(Q^t) = \sum_{i=1}^I m_{ij}^t(Q_i^t), \quad m_{ij}^t(Q_i^t) = Q_i^t \cdot m_{ij},$$

где  $m_{ij}^t$  – потребность в материалах и сырьё  $j$ -го вида при производстве готовой продукции  $i$ -го вида в  $t$ -м периоде в объёме  $Q_i^t$ ;  $Q^t = (Q_1^t, \dots, Q_i^t, \dots, Q_I^t)$  – вектор объёмов производства в  $t$ -м периоде;  $m_{ij}$  – технологический коэффициент (норматив) расхода сырья и материалов на единицу готовой продукции;  $I$  – количество видов готовой продукции, производимых машиностроительным предприятием ( $i = 1, \dots, I$ ).

В формализованном виде можно записать, что для сырья и материалов  $j$ -го вида технологические коэффициенты будут представлять собой вектор  $m_j = (m_{j1}, \dots, m_{ji}, \dots, m_{jI})$ , а для всей готовой продукции коэффициенты сформируют матрицу:

$$m = \begin{pmatrix} m_{11} & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1I} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{j1} & \dots & m_{ji} & \dots & m_{jI} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{I1} & \dots & m_{Ij} & \dots & m_{II} \end{pmatrix}.$$

Для определения технологических коэффициентов используется метод, который называется системой планирования материальных потребностей или СПМП [4].

Если реальные объёмы закупки сырья и материалов по объёмам точно соответствуют минимальным потребностям в закупках, то:

$$\forall t = 1, \dots, T, \forall j = 1, \dots, J \quad S_j^t = M_j^t.$$

Если же реальные объёмы закупки сырья и материалов не соответствуют минимальным потребностям в закупках, например из-за складских и транспортных особенностей, то для поддержания остатков на складе, не менее неснижаемого уровня, должно выполняться условие:

$$\forall t = 1, \dots, T, \forall j = 1, \dots, J \quad \sum_{\tau=1}^t S_j^\tau \geq \sum_{\tau=1}^t M_j^\tau.$$

Затраты на оплату процентов за пользование кредитом  $Z_C^t(s)$  можно моделировать, предполагая, что кредитные ресурсы необходимы для авансирования закупок. В этом случае затраты равны произведению суммы, необходимой для авансирования закупки материалов и сырья, на срок пользования кредитом  $t_{CC}$  и на процентную ставку банковского кредита  $h$  [5]:

$$Z_C^t(s) = Z_P^t(s) \cdot a_A \cdot t_{CC} \cdot h,$$

где  $a_A$  – размер аванса, необходимого для оплаты сырья и материалов в долях единицы от общей суммы, направляемой на закупки.

Показатель  $t_{CC}$ , характеризующий фактическое среднее время замораживания денежных средств в неденежных оборотных активах предприятия, называют продолжительность финансового цикла. Он рассчитывается как сумма показателей оборачиваемости запасов  $t$  и оборачиваемости средств в расчётах  $t_A$  за вычетом периода погашения кредиторской задолженности  $t_B$  (выраженных, как правило, в днях) [6]:

$$t_{CC} = t + t_A - t_B.$$

Начало цикла определяется моментом фактического оттока денежных средств в пользу поставщиков в связи с осуществлением текущей производственной дея-

тельности, а окончание цикла – это фактический приток денежных средств от покупателей как результат производственно-финансовой деятельности.

Если предприятие оплачивает счета поставщиков с отсрочкой (с запаздыванием), то финансовый и операционный циклы связаны между собой через период погашения кредиторской задолженности. Фактическое время, в течение которого денежные средства отвлечены из оборота в виде запасов и готовой продукции, то есть финансовый цикл меньше на среднее время обращения (погашения) кредиторской задолженности (рис. 2).

На приведённой схеме продолжительность производственного цикла включает в себя не только продолжительность самого процесса производства, но и процесса приемки сырья и материалов, подготовку их к производству, складирование, доставку на производство, складирование незавершённой продукции, упаковку, складирование и хранение готовой продукции, отгрузку и доставку покупателю.

Если же машиностроительное предприятие оплачивает счета авансом (предоплата), то финансовый цикл удлиняется, суммы предоплаты становятся дебиторской задолженностью до момента поставки сырья и материалов, а время от момента фактической оплаты и до поставки дольше на среднее время обращения дебиторской задолженности. В этом случае величина  $t_B$  принимает отрицательные значения.

Кроме того, необходимо отметить, что если покупатели также оплачивают готовую продукцию авансом, то суммы платежей от покупателей становятся кредиторской задолженностью машиностроительного предприятия. Это укорачивает финансовый цикл и операционный цикл на средний срок обращения кредиторской задолженности. В этом случае величина  $t_A$  принимает отрицательные значения.

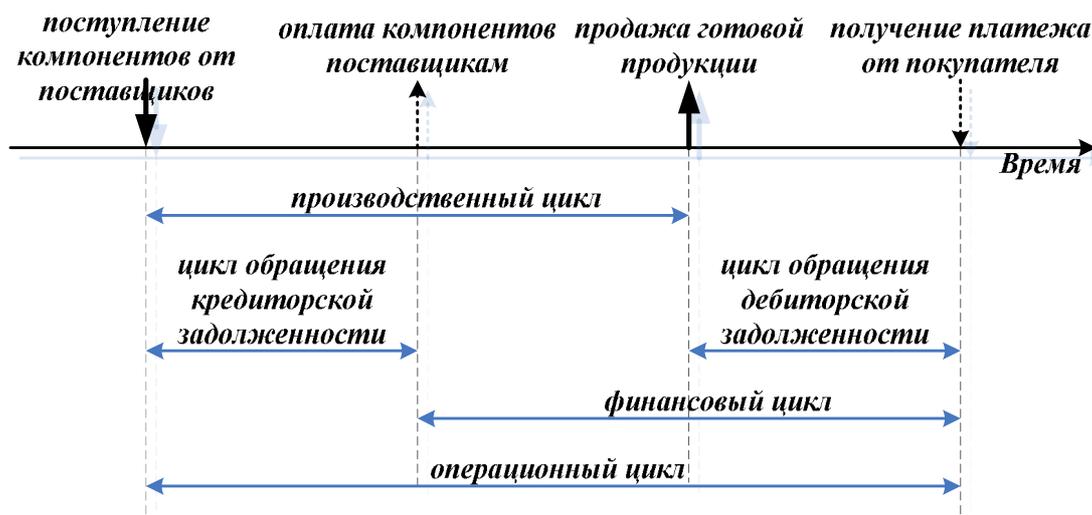


Рис. 2. Операционный и финансовый циклы машиностроительного предприятия

Суммарные затраты по хранению сырья и материалов в  $t$ -м периоде времени  $Z_w^t(s)$  предлагается моделировать как сумму постоянных  $E_{FM}^t$  и переменных затрат  $E_{VM}^t$ :

$$Z_w^t(s) = E_{FM}^t + E_{VM}^t(s).$$

Каждую составляющую затрат можно разложить на затраты по всем видам сырья и материалов:

$$E_{FM}^t = \sum_{j=1}^J E_{FM_j}^t \text{ и } E_{VM}^t(s) = \sum_{j=1}^J E_{VM_j}^t(s),$$

где  $E_{FM_j}^t$  и  $E_{VM_j}^t$  – постоянные и переменные затраты на хранение  $j$ -го вида сырья или материалов в  $t$ -й момент времени соответственно.

Переменные затраты на хранение  $j$ -го вида сырья или материалов в  $t$ -й момент времени представляют собой сумму двух слагаемых:

$$E_{VM_j}^t(s) = X_{M_j}^t \cdot e_{VM_j}^t + (S_j^t + m_j^t) \cdot e_{WM_j}^t.$$

Первое слагаемое – это затраты на хранение, которые прямо зависят от остатков сырья и материалов, находящиеся на хранении в соответствующий период времени:

$$X_{M_j}^t \cdot e_{VM_j}^t,$$

где  $e_{VM_j}^t$  – удельные затраты за хранение физической единицы  $j$ -го вида сырья и материалов.

Второе слагаемое – это затраты, связанные с внутренними погрузочными и отгрузочными работами, которые зависят от объёмов прихода  $S_j^t$  и расхода  $m_j^t$  сырья и материалов на склад и со склада соответственно:

$$(S_j^t + m_j^t) \cdot e_{WM_j}^t,$$

где  $e_{WM_j}^t$  – удельные затраты за погрузку или разгрузку на склад или со склада физической единицы  $j$ -го вида сырья и материалов.

Постоянные затраты на хранение  $j$ -го вида сырья или материалов в  $t$ -й момент времени представляют собой произведение складского объёма  $V_{M_j}^t$ , выделенного для хранения соответствующего вида сырья и материалов, на удельные затраты за хранение объёмной единицы:

$$E_{FM_j}^t = V_{M_j}^t \cdot e_{FM}^t.$$

Удельные затраты за хранение объёмной единицы считаются одинаковыми независимо от вида сырья и материалов. Их предлагается рассчитывать как частное от деления суммарных постоянных затрат

по всему складу на его используемый объём в физических единицах:

$$e_{FM}^t = \frac{E_{FM}^t}{\sum_{j=1}^J V_{M_j}^t}.$$

От складского объёма, выделенного для хранения сырья и материалов  $j$ -го вида, зависит максимальное количество единиц его хранения:

$$X_{MAXM_j}^t = \frac{V_{M_j}^t}{v_j},$$

где  $v_j$  – физический объём, занимаемый единицей сырья или материала соответствующего вида.

Складские объёмы, выделенные для хранения сырья и материалов, в  $t$ -й момент времени представляют собой вектор таких объёмов:

$$V_M^t = (V_{M_1}^t, \dots, V_{M_j}^t, \dots, V_{M_J}^t).$$

Как правило, сумма элементов вектора совпадает с объёмом склада в физических единицах. Однако, например, в случае ремонта часть объёмов или площади может не использоваться по назначению. Актуальной при этом является задача распределения объёма склада под тот или иной вид сырья или материалов, что обусловлено разными условиями их хранения или использования дополнительного складского оборудования, так как они влияют на максимальный объём храни-

мых производственных запасов, а значит, определяют частоту закупок:

$$\forall t, \forall j \quad X_{MAXM_j}^t \geq X_{M_j}^t \geq X_{MINM_j}^t.$$

В общем виде для всех временных периодов вышеуказанные объёмы представляют собой матрицу:

$$V_M = \left\| V_{M_j}^t \right\|_{\substack{t=1, \dots, T \\ j=1, \dots, J}}.$$

Затраты на доставку сырья и материалов предлагается моделировать как сумму затрат на доставку от каждого поставщика в отдельности:

$$Z_T^t(s) = \sum_{n=1}^{N_s} Z_{Tn}^t(s).$$

Затраты на доставку сырья и материалов от  $n$ -го поставщика  $Z_{Tn}^t(s)$  зависят не только от объёма закупок, но и от места его расположения. В общем виде их можно записать следующим образом [7, 8]

$$Z_{Tn}^t(s) = r_n \cdot g_n \cdot r_n^t(s),$$

где  $r_n$  – расстояние до  $n$ -го поставщика в километрах;  $g_n$  – норма затрат на транспортировку одного условного контейнера на один километр;  $r_n^t(s)$  – зависимость количества контейнеров, транспортируемых от  $n$ -го поставщика в момент времени  $t$ , от объёмов закупаемого сырья и материалов.

Количество контейнеров предлагается определять следующим образом:

$$r_n^t(s) = \left( \sum_{j=1}^J s_{jn}^t \cdot v_j \right) \text{div } V_C + \begin{cases} 0, & \text{если } \left( \sum_{j=1}^J s_{jn}^t \cdot v_j \right) \text{mod } V_C = 0, \\ 1, & \text{если } \left( \sum_{j=1}^J s_{jn}^t \cdot v_j \right) \text{mod } V_C \neq 0, \end{cases} \quad \text{или } r_n^t(s) = \left\lceil \frac{\sum_{j=1}^J s_{jn}^t \cdot v_j}{V_C} \right\rceil,$$

где  $v_j$  – физический объём, занимаемый  $j$ -м видом сырья или материалов;  $V_C$  – физический объём контейнера.

С учетом вышесказанного можно сформировать оптимизационную модель. В качестве целевой функции предлагается минимизировать сумму затрат на снабженческо-закупочную деятельность по всем временным периодам планирования и по всем четырем элементам:

$$Z(s) = \sum_{t=1}^T Z^t(s) \xrightarrow{s, V_M} \min.$$

В качестве искомой переменной выступает матрица объёмов закупок сырья и материалов у поставщиков  $s$ , а параметром модели, косвенно влияющим на решение, является матрица складских объёмов  $V_M$ , выделенных для хранения закупленных сырья и материалов.

Ограничения модели являются, во-первых, требование о превышении объёмов закупок в каждом из периодов над минимальными расчётными объёмами прихода сырья и материалов на склад, определяемых производственной программой машиностроительного предприятия:

$$\forall t, \forall j \quad \sum_{t=1}^t S_j^t \geq \sum_{t=1}^t M_j^t,$$

и, во-вторых, требование на остатки сырья и материалов в каждом из периодов, которые должны быть меньше максимального объёма по каждому виду, предусмотренного для хранения на складе, и больше минимального объёма, представляющего собой неснижаемый резерв:

$$\forall t, \forall j \quad X_{MAXM_j}^t \geq X_{M_j}^t \geq X_{MINM_j}^t.$$

Прочие уравнения, формирующие модель, описывают взаимосвязи между ее переменными.

Таким образом, разработанная оптимизационная экономико-математическая модель имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{aligned} Z(s) &= \sum_{t=1}^T Z^t(s) \xrightarrow{s, V_M} \min; \\ s &= \left\| S_{jn}^t \right\|_{\substack{t=1, \dots, T \\ j=1, \dots, J \\ n=1, \dots, N_S}}; \quad S_j^t = \sum_{n=1}^{N_S} S_{jn}^t; \\ Z^t(s) &= Z_P^t(s) + Z_T^t(s) + Z_W^t(s) + Z_C^t(s); \\ Z_P^t(s) &= \sum_{j=1}^J Z_j^t(s_j) = \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_S} S_{jn}^t \cdot z_{jn}^t(s_{jn}); \\ Z_T^t(s) &= \sum_{n=1}^{N_S} Z_{tn}^t(s) = \sum_{n=1}^{N_S} r_n \cdot g_n \cdot r_n^t(s); \\ r_n^t(s) &= \left[ \frac{\sum_{j=1}^J S_{jn}^t \cdot v_j}{V_C} \right]; \\ Z_W^t(s) &= \sum_{j=1}^J \left[ E_{FM_j}^t + E_{VM_j}^t(s) \right]; \\ E_{VM_j}^t(s) &= X_{M_j}^t \cdot e_{VM_j}^t + (S_j^t + m_j^t) \cdot e_{WM_j}^t; \\ Z_C^t(s) &= Z_P^t(s) \cdot a_A \cdot t_{CC} \cdot h; \\ t_{CC} &= t + t_A - t_B; \\ \forall t, \forall j \quad \sum_{t=1}^t S_j^t &\geq \sum_{t=1}^t M_j^t; \\ M_j^t &= X_{M_j}^{t+1} - X_{M_j}^t + m_j^t; \\ X_{M_j}^{t+1} &= X_{M_j}^t + S_j^t - m_j^t; \\ \forall t, \forall j \quad X_{MAXM_j}^t &\geq X_{M_j}^t \geq X_{MINM_j}^t; \\ X_{MAXM_j}^t &= \frac{V_{M_j}^t}{v_j}; \\ V_M &= \left\| V_{M_j}^t \right\|_{\substack{t=1, \dots, T \\ j=1, \dots, J}} \end{aligned} \right.$$

**Выводы.** Разработанная оптимизационная модель снабженческо-закупочной деятельности позволяет опре-

делить объёмы закупок того или иного вида сырья и материалов у тех или иных поставщиков в каждом из временных периодов с учетом потребностей производства.

Предлагаемая модель обладает следующими особенностями:

1) включает четыре элемента – затраты на складирование, закупку, транспортировку, обслуживание банковского кредита;

2) учитывает индивидуальные функции предложения поставщиков – зависимости цен на сырьё и материалы от закупаемых у них объёмов;

3) позволяет рассчитывать затраты

на обслуживание банковского кредита в зависимости от продолжительности погашения кредиторской и дебиторской задолженностей машиностроительного предприятия;

4) учитывает как постоянные, так и переменные складские затраты, причём существенным является распределение складских объёмов по видам сырья и материалов;

5) определяет транспортные затраты в зависимости от расстояния до поставщиков и дискретно рассчитываемого количества контейнеров.

### Библиографический список

1. Сергеев, В.И. Логистика: Информационные системы и технологии [Текст]/ В.И. Сергеев, М.Н. Григорьев, С.А. Уваров. – М.: Альфа – Пресс, 2008.

2. Богатырев, В.Д. Управление сбытом продукции на примере ОАО «АВТОВАЗ» [Текст]/ В.Д. Богатырев // Управление большими системами. - 2005. - №10. - С. 26-33.

3. Богатырев, В.Д. Модель и алгоритм краткосрочного планирования производственной деятельности предприятия в условиях гетерогенной полиполии [Текст]/ В.Д. Богатырев, В.Г. Левитан // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. 2011. - №4. - С. 15-25.

4. Богатырев, В.Д. Модель принятия управленческих решений предприятиями торгово-сбытовой сети при взаимодействии с промышленным комплексом [Текст]/ В.Д. Богатырев, С.В. Астапов // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. - 2011. - №4. С. 7-14.

5. Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчётов [Текст]/ Е.М. Четыркин. – М.: Дело Лтд, 1995. – С. 94-95.

6. Богатырев, В.Д. Разработка схем финансовых и материальных потоков производственно-торговой цепи промышленного комплекса [Текст]/ В.Д. Богатырев, С.В. Астапов // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. - 2010. - №3. - С. 7-17.

7. Есипова, О.В. Экономико-математическая модель бюджета предприятия по балансовому листу на основе операционного и финансового бюджетов [Текст]/ О.В. Есипова // Вестн. Самар. гос. аэрокосм. ун-та. - 2011. - №4. - С. 45-53.

8. Есипова, О.В. Оптимизационная модель выбора цен на реализуемую продукцию промышленного предприятия [Текст]/ О.В. Есипова, В.Д. Богатырев // Экономические науки. - 2010. - №11 (72). - С. 261-265.

**OPTIMIZATION OF WAREHOUSE AND TRANSPORT ACTIVITY  
OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE WITH REGARD  
TO INDIVIDUAL SUPPLY FUNCTIONS OF PROVIDERS**

© 2012 V. D. Bogatyryov, K. A. Yurchenko

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

The paper presents an economic- mathematical model of supply and procurement activities of an industrial enterprise. The model includes four elements –purchasing costs, transportation costs, storing costs and bank lending costs. It takes into account the discrete nature of production, storage and transportation of raw materials, which makes it possible to optimize the supply and procurement activities by selecting the volume and timing of purchasing from suppliers as well as reassigning the volumes among the kinds of raw materials in stock.

*Economic- mathematical models, industrial enterprise, supply, transportation, storing, bank lending.*

**Информация об авторах**

**Богатырев Владимир Дмитриевич**, доктор экономических наук, профессор, проректор по образовательной и международной деятельности, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [samelev@rambler.ru](mailto:samelev@rambler.ru). Область научных интересов: промышленные комплексы, экономико-математические модели, согласование взаимодействия.

**Юрченко Кристина Александровна**, аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [yr\\_kriss@mail.ru](mailto:yr_kriss@mail.ru). Область научных интересов: транспортная и складская логистика.

**Bogatyryov Vladimir Dmitrievitch**, professor, vice-rector, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [samelev@rambler.ru](mailto:samelev@rambler.ru). Area of research: industrial complexes, economic-mathematical models, coordinated interconnection.

**Yurchenko Kristina Alexandrovna**, post-graduate student, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [yr\\_kriss@mail.ru](mailto:yr_kriss@mail.ru). Area of research: transport and warehouse logistics.