

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПОТОКОВ РЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Турлакова С. С., Руднева М. В.

В условиях как формирующейся, так и стабильно развивающейся рыночной экономики повышение эффективности движения товарных потоков достигается, главным образом, за счет улучшения их финансового обслуживания, что, в свою очередь, обуславливает необходимость выделения и изучения логистических финансовых потоков, соответствующих перемещению товарно-материальных и товарно-нематериальных ценностей. Технологии управления материальными потоками рассматривают финансовые потоки как те, которые обеспечивают функционирование уже существующих систем, хотя именно при их помощи происходит управление производственной деятельностью. Перспективным подходом является рассмотрение взаимодействия материальных и финансовых потоков через трансформацию средств в материальные ресурсы.

В умовах як формування, так і стабільного розвитку ринкової економіки підвищення ефективності руху товарних потоків досягається, головним чином, за рахунок поліпшення їх фінансового обслуговування, що, в свою чергу, обумовлює необхідність виділення і вивчення логістичних фінансових потоків, відповідних переміщення товарно-матеріальних і товарно-нематеріальних цінностей. Технології управління матеріальними потоками розглядають фінансові потоки як ті, які забезпечують функціонування вже існуючих систем, хоча саме за їх допомогою відбувається управління виробничою діяльністю. Перспективним підходом є розгляд взаємодії матеріальних і фінансових потоків через трансформацію коштів у матеріальні ресурси.

In conditions such as emerging and steadily developing market economy, improving the efficiency of movement of commodity flows is achieved mainly by improving their financial services, which, in turn, causes the necessity of selection and study logistics and financial flows relevant to the movement of commodity-material and commodity-non-material values. Technology material flow management review financial flows such as those that ensure the functioning of already existing systems, although it was with their help control production activities. A promising approach is to consider the interaction of material and financial flows through transformation tools in the material resources.

Турлакова С. С.

Руднева М. В.

канд. экон. наук,
доц. каф. ИСПР ДГМА,
svetlana.turlakova@gmail.com
студент ДГМА
m-rudneva@mail.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 330.1

Турлакова С. С., Руднева М. В.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПОТОКОВ РЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Современное производство представляет собой сложную динамическую систему потоковых процессов, характеризующуюся многочисленностью изменяемых параметров и переменных. Функционируя в условиях переходной экономики, производственные системы находятся под влиянием различных типов внешних и внутренних возмущающих факторов, снижающих их эффективность. Факторы среды, имея неодинаковую степень структурированности, оказывают многообразное влияние на бизнес-процессы в производственной системе на различных уровнях формирования управленческих решений. Согласование движения потоков ресурсов, определение объемных, стоимостных и временных параметров потоков ресурсов, необходимо осуществлять на основе гибкого изменения параметров потоков ресурсов, исходя из эффективности финансовых операций, целей управления, с учетом внешней и внутренней среды предприятия. При этом управление информационными и материальными потоками должно осуществляться в тесной взаимосвязи с управлением финансами, на стадиях планирования, организации и контроля за осуществлением технических процессов.

Состояние на сегодняшний день положения на машиностроительном производстве показывает необходимость выявления недостатков в структуре системы, для оптимизации потоков ресурсов, актуальным становится проведение детального анализа структуры работы цехов и предприятия в целом. Перспективным подходом является рассмотрение взаимодействия материальных и финансовых потоков через трансформацию средств в материальные ресурсы. Эта проблема поднималась в работах Багриновский К.А. [1] и Белостоцкий А.А. [2]. Однако отсутствие острой потребности в подобных разработках и незаинтересованность украинских научных деятелей приостановило дальнейшие исследования, необходимые для математического моделирования по оптимизации потоков ресурсов.

Целью статьи является построение математической модели для реализации в системе поддержки принятия решения по оптимизации потоков ресурсов машиностроительного предприятия. Объектом исследования являются процессы оптимизации потоков ресурсов на машиностроительном предприятии.

Для оценки эффективности производственно-экономических процессов зачастую используют стоимостные критерии, и принимают во внимание осуществленные расходы и получен доход, рассчитывают показатели прибыльности, рентабельности, финансовой устойчивости. Значения этих показателей будут существенно изменяться при разных схемах движения материальных и связанных с ними финансовых потоков [3]. В зависимости от условий снабжения, параметров систем складирования и избранных каналов распространения продукции будут изменяться стоимость, объемы и время материальных потоков. Последние, в свою очередь, определяют объемы и время необходимого финансирования.

Некоторые разработанные на сегодняшний день модели и подходы направлены на решение узкоспециализированных задач (загрузка оборудования, оптимизации производственной программы, оптимизации денежных потоков и др.), другие имеют слишком высокий уро-

вень агрегирования (рассматривают производство как «черный ящик»), некоторые не отвечают современным рыночным условиям (в части спроса и финансовых параметров модели).

Вместе с тем, развитие методологий управления предприятиями определяет новые требования к моделям относительно используемой информации и методологических подходов. Одновременно повышение вычислительных мощностей компьютерной техники приводит к возможности использование сложных алгоритмов при моделировании систем достаточно большой размерности, что было нереальным еще несколько лет тому назад.

Таким образом, важным направлением исследований в данной области является разработка таких моделей деятельности предприятия, которые могут использоваться для поддержки принятия решений на тактическом уровне. Такие модели должны позволять учитывать особенности функционирования материально-производственной и финансово-экономической подсистем предприятия в условиях рынка; учитывать широкий спектр ограничений, которые возникают в процессе функционирования предприятия; задавать разные критерии качества работы предприятия в зависимости от видения целей лицом, которое принимает решение; легко интегрироваться в современные корпоративные информационные системы.

Управление ресурсными потоками исходит из номенклатуры и объема производства, определяемого совокупностью заказов (договоров на поставку продукции). Тактические планы производства металлопродукции должны формироваться на основе данных о заказе и быть направленными на своевременное и полное выполнение последних. Более того, при определенных условиях задания в плане должно устанавливаться на каждый заказ (на группу заказов) отдельно [4].

Важным методологическим принципом в организации тактического планирования ресурсных потоков является планирование «против хода технологического процесса». Его сущность сводится к тому, что выполнение расчетов оперативных планов и графиков должно осуществляться сначала для цехов и агрегатов, которые выпускают готовую продукцию, а затем для цехов, которые обеспечивают первые материалами и полуфабрикатами, и так далее. Этот прием применяется для всех циклов оперативного планирования: месячных, декадных (недельных) и суточных планов и графиков. В связи с необходимостью организации планирования, начиная с готовой продукции, примем нумерацию переделов, которые являются обратными относительно действительного технологического процесса. Завершающий передел – выпуск готовой продукции (проката) – назовем нулевым, производство полуфабрикатов по переделам – первым (производство обжатой заготовки для потребления в цехах готовой продукции), вторым – выплавку стали, третьим – производство чугуна, четвертым – производство агломерата. По мере роста номеров переделов уменьшается, как правило, выпускаемая номенклатура продукции и упрощаются условия оперативного планирования. При этом номенклатура полуфабрикатов сужается от первого передела (обжатой заготовки), где она достаточно значительная, до последнего (производство агломерата, который характеризуется как монопродукт).

В простейшем случае конвейерная система обработки может быть графически задана ориентированным циклическим графом, состоящем из нескольких параллельных цепочек, задающих перечень операций по каждому виду заявок и последовательность обработки на этих операциях. Такой ориентированный граф еще называют П-сетью. На входе П-сети подается поток материальных ресурсов производства (или финансовый поток, предназначенный для закупки материальных ресурсов), который должен быть обработан с учетом имеющегося производственного арсенала на всех технологических операциях и на выходе таким образом будет получена готовая продукция.

Рассмотрим задачу оптимизации управления потоками материальных и производственных ресурсов данной модели по критерию максимизации суммарной прибыли предприятия от произведенной продукции в периоде $(0, T)$, который будет получен после ее реализации. С учетом указанных выше предположений необходимо в этом случае решить следующую задачу оптимального управления:

$$\sum_{i=1}^M \beta_i \int_0^T q_{iN_i}(t) dt \rightarrow \max, \quad (1)$$

где β_i – прибыль предприятия от выпуска одной единицы продукции вида i ;

$q_{iN_i}(t)$ – искомая интенсивность обработки заявок вида i на последней N_i операции ($i=1, 2, \dots, M$). Пройдя обработку на операции 0_{iN_i} , на выходе будет получена конечная продукция вида i ($i=1, 2, \dots, M$). Учитывая, что ни на одной операции производственного цикла не может быть обработано большее количество заявок, чем поступило, необходимо учитывать следующее ограничение:

$$\int_0^t q_{ij}(t) dt \leq V_{ij}(0) + \int_0^t q_{ij-1}(t) dt, \quad (2)$$

где $i=1, 2, \dots, M, j=1, 2, \dots, N_i, t \in (0, T)$.

Здесь $V_{ij}(0)$ – объем незавершенного производства на операции 0_{ij} в момент $t=0$.

Далее будем предполагать, что обработка заявок на каждой операции происходит с использованием производственных ресурсов, к которым относятся: станки, оборудование, технологическая оснастка, обслуживающий персонал и другое. Объем этого вида ресурсов задан с использованием вектора $C = (C^1, \dots, C^m)$. Для того, чтобы на операции 0_{ij} обеспечить единичную производительность, необходимы производственные ресурсы в количестве заданном векторами $\alpha_{ij} = (\alpha_{ij}^1, \alpha_{ij}^2, \dots, \alpha_{ij}^m)$, $i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N_i$.

Если же необходимо обеспечить производительность q_{ij} на операции 0_{ij} , то, соответственно, требуемый объем производственных ресурсов задается как $q_{ij} \cdot \alpha_{ij} = (q_{ij} \cdot \alpha_{ij}^1, q_{ij} \cdot \alpha_{ij}^2, \dots, q_{ij} \cdot \alpha_{ij}^m)$. При задании производительностей $q_{ij}(t)$ на каждой операции q_{ij} ($i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N_i$) объем используемых ресурсов не должен превышать соответствующих компонент вектора $C = (C^1, \dots, C^m)$. Иными словами должно выполняться следующее неравенство:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_i} q_{ij}(t) \alpha_{ij}^l \leq C^l, \quad l=1, 2, \dots, m; \quad \forall t \in (0, T). \quad (3)$$

Количество выпущенной на интервале $(0, T)$ продукции каждого вида не должно быть выше объема спроса Pt_i , что определяется следующим неравенством:

$$\int_0^T q_{iN_i}(t) dt \leq Pt_i, \quad i=1, 2, \dots, M. \quad (4)$$

Рассмотрим алгоритм решения задачи (1) – (3) (без ограничения на спрос (4)) при условии, что $V_{ij}(0) > 0, i=1, 2, \dots, M; j=1, 2, \dots, N_i$.

В момент $t = 0$ в этом случае необходимо назначить производительности q_{iN_i} ($i = 1, 2, \dots, M$), обеспечивающие максимальной прибылью предприятие за единицу времени, т.е.

$$\sum_{i=1}^M \beta_i q_{iN_i} \rightarrow \max \quad (5)$$

при ограничениях:

$$\sum_1^M q_{iN_i} \alpha_{iN_i}^l \leq C^l, \quad l = 1, 2, \dots, M, \quad (6)$$

$$q_{iN_i} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (7)$$

Если ограничение (2.13) для какого-либо вида продукции P не выполняется, то существует такое j , что

$$V_{pj} \geq Z_p, \quad 1 \leq p \leq M, \quad (8)$$

тогда задача оптимального управления (1) – (4), (8) сводится к решению следующей задачи линейного программирования.

$$\sum_{i=1}^M \beta_i q_{iN_i} \rightarrow \max, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^M q_{iN_i} \alpha_{iN_i}^l + \sum_{k=1}^{Np} q_{pK} \alpha_{pK}^l \leq C^l, \quad l = 1, \dots, m, \quad (10)$$

$$q_{pj} = q_{pj+1} = \dots = q_{pNp}, \quad (11)$$

$$T \cdot q_{iN_i} \geq Z_i, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (12)$$

$$T \cdot q_{iN_i} \leq Pt_i, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (13)$$

$$q_{iN_i} \geq 0, \quad q_{pj} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad j = 1, \dots, Np \quad (14)$$

Формулируя задачу оптимизации управления производственными ресурсами (9)-(14) необходимо учитывать, что по виду продукции P необходимо осуществить обработку незавершенного производства не только на операциях O_{pNp} , но и на предшествующих операциях O_{pNp-1}, \dots, O_{pl} , что требует дополнительного привлечения производственных ресурсов (ограничение (10)), а также согласование производительностей по операциям продукции вида P (ограничение (11)).

В рамках разрабатываемой системы поддержки принятия решений приведенную выше задачу оптимизации производственных ресурсов будем решать симплекс-методом. Для упрощения процесса решения исходные данные задачи линейного программирования при решении ее симплекс методом записываются в специальные симплекс-таблицы. Поэтому одна из модификаций симплекс метода получила название табличный симплекс метод. Задача линейного программирования сначала записывается в каноническом виде:

$$F = a_{0,1}x_1 + a_{0,2}x_2 + \dots + a_{0,n}x_n + b_0 \rightarrow \max, \quad (15)$$

$$\begin{cases} a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + \dots + a_{1,n}x_n + x_n + 1 = b_1; \\ a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + \dots + a_{2,n}x_n + x_n + 2 = b_2; \\ \dots \\ a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + \dots + a_{m,n}x_n + x_n + m = b_m. \end{cases} \quad (16)$$

В случае если в исходной задаче необходимо найти минимум - знаки коэффициентов целевой функции F меняются на противоположные $a_{0,n} = -a_{0,n}$. Знаки коэффициентов ограничивающих условий со знаком " \geq " так же меняются на противоположные. В случае если условие содержит знак " \leq " – коэффициенты запишутся без изменений.

На следующем шаге проверяем на положительность элементы столбца b (свободные члены), если среди них нет отрицательных то найдено допустимое решение (решение соответствующее одной из вершин многогранника условий) и мы переходим к шагу 2. Если в столбце свободных членов имеются отрицательные элементы то выбираем среди них максимальный по модулю – он задает ведущую строку k . В этой строке так же находим максимальный по модулю отрицательный элемент $a_{k,1}$ - он задает ведущий столбец – l и является ведущим элементом. Переменная, соответствующая ведущей строке исключается из базиса, переменная соответствующая ведущему столбцу включается в базис. Пересчитываем симплекс-таблицу согласно правилам.

Если же среди свободных членов есть отрицательные элементы – а в соответствующей строке – нет то условия задачи несовместны и решений у нее нет.

Если после перерасчета в столбце свободных членов остались отрицательные элементы, то переходим к первому шагу, если таких нет, то ко второму.

На предыдущем этапе найдено допустимое решение. На шаге 2 проверим его на оптимальность. Если среди элементов симплексной таблицы, находящихся в строке F (не беря в расчет элемент b_0 – текущее значение целевой функции) нет отрицательных, то найдено оптимальное решение.

Если в строке F есть отрицательные элементы то решение требует улучшения. Выбираем среди отрицательных элементов строки F максимальный по модулю (исключая значение функции b_0):

$$a_{0,l} = \min \{a_{0,i}\}, \quad (17)$$

где l – столбец в котором он находится будет ведущим.

Для того, чтобы найти ведущую строку, находим отношение соответствующего свободного члена и элемента из ведущего столбца, при условии, что они неотрицательны.

$$b_k / a_{k,l} = \min \{b_i / a_{i,l}\} \text{ при } a_{i,l} > 0, b_i > 0, \quad (18)$$

где k – строка, для которой это отношение минимально – ведущая. Элемент $a_{k,l}$ – ведущий (разрешающий). Переменная, соответствующая ведущей строке (x_k) исключается из базиса, переменная соответствующая ведущему столбцу (x_l) включается в базис.

Пересчитываем симплекс-таблицу по формулам. Если в новой таблице после перерасчета в строке F остались отрицательные элементы переходим к шагу 2.

Если невозможно найти ведущую строку, так как нет положительных элементов в ведущем столбце, то функция в области допустимых решений задачи не ограничена – алгоритм завершает работу.

Если в строке F и в столбце свободных членов все элементы положительные, то найдено оптимальное решение.

Правила преобразований симплексной таблицы.

При составлении новой симплекс-таблицы в ней происходят следующие изменения:

– вместо базисной переменной x_k записываем x_l ; вместо небазисной переменной x_l записываем x_k ;

– ведущий элемент заменяется на обратную величину $a'_{k,l} = 1/a_{k,l}$;

- все элементы ведущего столбца (кроме $a_{k,1}$) умножаются на $-1/a_{k,1}$;
 - все элементы ведущей строки (кроме $a_{k,1}$) умножаются на $1/a_{k,1}$;
 - оставшиеся элементы симплекс-таблицы преобразуются по формуле
- $$a'_{i,j} = a_{i,j} - a_{i,1} \times a_{k,j} / a_{k,1}.$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, в статье приведена математическая модель оптимизации потоков ресурсов машиностроительного предприятия.

Используя приведенную математическую модель оптимизации потоков ресурсов, предприятие сможет решить поставленную задачу о минимизации простоя оборудования и увеличении прибыли машиностроительного предприятия в соответствующей системе поддержки принятия решений. При помощи реализации данной системы получим управление информационными и материальными потоками в тесной взаимосвязи с управлением финансами, на стадиях планирования, организации и контроля за осуществлением технических процессов. Перспективным направлением исследования является взаимодействие материальных и финансовых потоков через трансформацию средств в материальные ресурсы на предприятии.

СПИСОК ИСОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багриновский К.А. Модели и методы экономической кибернетики. / К.А. Багриновский. – М.: Экономика, 2006. – 241 с.
2. Белостоцкий А.А. Статистическое моделирование участка машиностроительного комбината / А.А. Белостоцкий, Ю.С.Вальденберг. – М.: Техническая кибернетика, 2005. – №6. – С. 38–46.
3. Ашманов С.А. Линейное программирование / С. А. Ашманов. – М.: Наука, 2008. – 158 с.
4. Украинская О.А. Модель оптимизации денежных потоков предприятия / О.А. Украинская. – М.: Экономика, 2012. – 19 с.

Статья поступила в редакцию 20.09.2015