

### 3.8. СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Орлова Е.В., докторант, к.т.н., доцент кафедры экономики предпринимательств

*Уфимский государственный авиационный технический университет*

Рассматривается проблема согласованного развития систем оперативного и стратегического финансового планирования производственно-экономических систем. Описана модель распределения финансовых потоков в рамках системы оперативного финансового планирования, построенная на принципах оптимального динамического управления Беллмана по критерию минимизации рисков неплатежей, транзакционных и альтернативных издержек. Предложена схема определения целевого остатка денежных средств в вариантах детерминированных и стохастических финансовых потоков.

#### ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших направлений сохранения стабильного функционирования и устойчивого развития производственно-экономических систем является сокращение затрат, связанных с их производственной, инвестиционной и финансовой деятельностью. Снижение себестоимости за счет эффективного управления ресурсами становится чрезвычайно важным в условиях посткризисного периода, который сейчас переживают страны Европы и Российская Федерация. Статья посвящена рассмотрению вопросов управления финансовыми ресурсами предприятий, оценки и прогнозирования поступлений доходов в бюджеты, анализу множества альтернативных вариантов расходования бюджетных средств и формирования оптимальных планов расходования этих средств.

Анализ существующих подходов и инструментов, применяемых для оперативного управления финансовыми потоками, позволяет выделить два класса решаемых задач:

- прогноз денежных потоков. Традиционно резерв необходимых денежных ресурсов определяется укрупнено и рассчитывается с помощью моделей Баумоля, Миллера-Орра, Стоуна [6, с. 30]. Особенностью этих моделей является предпосылка о стабильности и детерминированности денежных потоков и их прогнозируемости с учетом этих свойств. Все перечисленные модели являются статическими и не учитывают вероятностный характер финансовых потоков во времени и по объемам средств. Поэтому прогностическая способность этих моделей не высока и не учитывает факторы риска снижения платежеспособности и ликвидности, связанных со стохастическим характером поступления денежных средств;
- формирование денежных потоков с минимальными потерями денежных средств. Базовыми условиями решения этой задачи являются:
  - обеспечение сбалансированности притоков и оттоков денежных средств в соответствие с установленными сроками;
  - достижение равномерности сальдо накопленных средств, то есть минимизации колебаний его значений по подпериодам планового периода; при этом возникает возможность реинвестирования временно свободных денежных средств;
  - создание максимально возможной суммы свободных денежных средств как базы для их дальнейшего использования.

Анализ современных программных продуктов и инструментальных средств для оперативного управления финансами [7, с. 176] показал отсутствие в них учета стохастического характера поступлений для статистического прогнозирования и адекватных математических моделей планирования платежей. Таким образом, совершенствование механизмов оперативного управления финансами производственно-экономических систем должно базироваться на применении методов стохастического прогнозирования (например, имитационного моделирования), формирования бюджета доходов и расходов с минимальными рисками потерь денежных средств с учетом их динамического характера на базе методов динамического программирования.

#### 1. Согласование систем оперативного и стратегического финансового планирования

Для того чтобы избежать рискованных ситуаций вследствие снижения уровня платежеспособности и ликвидности предприятию необходим комплекс мер, направленных на управление финансовыми ресурсами и потоками денежных поступлений и выплат. Эта задача оперативного уровня управления предприятием и ее решение прямо влияет на эффективность всей системы финансового менеджмента и обеспечивает реализацию стратегических целей. Эффективное управление денежными средствами должно включать согласованные решения задач:

- по обеспечению потребности предприятия в денежных ресурсах;
- по оптимальному распределению денежных потоков по статьям затрат.

Основной задачей краткосрочного финансового планирования на предприятии является обеспечение и поддержание ликвидности как способности предприятия осуществлять денежные выплаты в нужном объеме и в заданные сроки. Эта задача включает планирование поступления и использования ликвидных ресурсов для того, чтобы иметь возможность вовремя и с минимальными потерями погасить свои краткосрочные обязательства.

Основное содержание оперативного управления финансовыми ресурсами предприятия сводится к их перераспределению на основе оперативного анализа текущей ситуации и достижению цели при минимальном объеме затрат. Подробный оперативный план прихода и расхода финансовых ресурсов отражается в платежном календаре, который объединяет источники денежных поступлений и расходы за определенный период времени. Платежный календарь полностью охватывает весь денежный оборот предприятия, позволяет связать поступления денежных средств и платежи в наличной и безналичной формах, обеспечить необходимый уровень платежеспособности и ликвидности предприятия в целом. Основная цель составления платежного календаря состоит в достижении максимальной сбалансированности положительных и отрицательных денежных потоков в каждый момент планируемого периода, а также в обеспечении платежеспособности предприятия. Систему поступления и расходования финансовых ресурсов можно считать стохастической в силу неопределенности потоков платежей по срокам и по объемам ресурсов. Ввиду этих обстоятельств, планирование притока и оттока финансовых ресурсов с помощью традиционных подходов, базирующихся на детерминированных схемах прогнозирования, не является конструктивным и не соответствует природе рассматриваемых экономических процессов.

В условиях стохастичности и часто неопределенности входных потоков финансовых ресурсов необходим механизм планирования потоков денежных средств, который позволит:

- во-первых, учесть стохастический характер финансовых потоков;
- во-вторых, отразить нелинейный характер причинно-следственных связей факторов и мультипликативные эффекты, возникающие при их взаимодействии;
- в-третьих, составить оптимальный план расходования финансовых ресурсов, обеспечив при этом достаточные для эффективного функционирования ликвидности и платежеспособности предприятия.

В [5, с. 67] был рассмотрен механизм формирования платежного календаря с учетом платежей (расходов) с фиксированной датой (заработная плата, налоги и сборы) и с подвижной датой. Отметим, что любой платеж имеет две характеристики – дата погашения и объем необходимых средств. Потребность в денежных средствах по статьям с фиксированной датой обеспечивается за счет формирования необходимого минимального остатка денежных средств, в то время как удовлетворение потребностей по статьям с подвижной датой можно производить по следующей схеме. Статьи расходов полностью удовлетворяются при наличии свободных денежных ресурсов. Если все статьи расходов на текущий день удовлетворились и оставшиеся суммы денежных средств отличны от нуля, необходимо определить направления расходования данного остатка. Распределение свободного денежного остатка происходит с позиции погашения определенной статьи в полном объеме, в противном случае погашается статья с меньшей суммой. В ситуациях, в которых в определенный момент времени свободных денежных средств недостаточно для покрытия статей расходов, формируется суммарная величина заемных средств. Однако при формировании оттока денежных средств необходимо определять порядок выплат, рейтинговать статьи затрат по степени значимости, формировать оптимальный размер целевого остатка денежных средств. Методы решения этих задач рассматриваются в настоящей статье.

Как известно, на оперативном уровне управления предприятия обеспечивается конкурентоспособность производимой продукции, отслеживается общее состояние предприятия, его финансовая и операционная эффективность, а на стратегическом уровне контроль ведется за инвестиционной привлекательностью предприятия и за ростом его стоимости в долгосрочной перспективе. При этом показатели, рассматриваемые на этих уровнях управления, взаимосвязаны между собой. Эту взаимосвязь можно проиллюстрировать с помощью многофакторной модели DuPont:

$$ROE = \frac{NI}{E} = \frac{EBIT}{A} * \frac{A}{E} * \frac{NI}{EBIT} = ROA * LR * B, \quad (1)$$

где

**ROE** – рентабельность собственного капитала;

**NI** – чистая прибыль;

**E** – собственный капитал;

**EBIT** – прибыль до выплаты процентов по займам и налога на прибыль;

**A** – активы;

**ROA** – рентабельность активов;

**LR** – коэффициент, определяющий эффект финансового рычага;

**B** – коэффициент, отражающий снижение прибыльности предприятия при выплате процентов по используемому капиталу и налоговых отчислений.

Декомпозировав показатели тождества (1) в виде аддитивной и мультипликативной связи следующих факторов:

$$ROE = ROA * LR * B ;$$

$$EVA = NOPAT - CE * WACC ;$$

$$CE = L + E ;$$

$$E = A - L ;$$

$$L = CL + LTL ;$$

$$LR = 1 + \frac{1}{E} ;$$

$$B = \frac{NI}{EBIT} ;$$

$$EBIT = M - FC ;$$

$$M = S - VC ;$$

$$A = NA + CL ;$$

$$NA = CW + FA ;$$

$$NI = EBT(1 - T) ;$$

$$NOPAT = EBIT - EBT(1 - T) ;$$

$$EBT = EBIT - L \cdot interest ;$$

$$ROA = ROS * ATO ;$$

$$ATO = \frac{S}{A} ;$$

$$ROS = \frac{EBIT}{S} ;$$

$$CW = CA - CL ;$$

$$CA = LI + receivable + cash + other CA ;$$

$$CA = AP + loan, \quad (2)$$

получаем подробную многофакторную модель рентабельности собственного капитала:

$$ROE = ROA * LR * B = ROS * ATO * \left(1 + \frac{L}{E}\right) * \frac{NI}{EBIT} = \left(\frac{M - FC}{S}\right) * \left(\frac{S}{NA + CL}\right) * \left(1 + \frac{CL + LTL}{A - L}\right) * \left(\frac{EBT * (1 - T)}{EBIT}\right) = (3)$$

$$= \left(\frac{S - VC - FC}{S}\right) * \left(\frac{S}{CW + FA + CL}\right) * \left(1 + \frac{CL + LTL}{A - L}\right) * \left(\frac{(EBIT - L * interest) * (1 - T)}{EBIT}\right),$$

где

**EVA** – экономическая добавленная стоимость;

**Cash** – денежные средства (денежный поток);

**LTL** – долгосрочные кредиты и займы;

**S** – выручка с продаж;

**ATO** – коэффициент оборачиваемости активов;

**ROS** – коэффициент рентабельности продаж;

**EBT** – прибыль до налогообложения;

**M** – маргинальная прибыль;

**FC** – постоянные затраты;

**VA** – переменные затраты;

**NA** – чистые активы;

**FA** – внеоборотные активы;

**CA** – оборотные активы;

**CW** – оборотный капитал;  
**L** – кредиты и займы;  
**CL** – краткосрочные кредиты и займы;  
**T** – ставка налога на прибыль;  
**NOPAT** – чистая операционная прибыль после уплаты налогов;  
**CE** – величина вложенного капитала;  
**WACC** – средневзвешенная стоимость капитала;  
**Interest** – ставка процента по кредиту.

Системы уравнений (2) и модель (3) демонстрируют, что ряд показателей и критериев, используемых для оценки эффективности оперативного и стратегического управления предприятием, находится в сложной причинно-следственной зависимости друг от друга. Это обстоятельство:

- во-первых, отражает двойственный характер финансового планирования и необходимость учета влияния принимаемых решений на оперативном уровне на стратегические (системообразующие) показатели деятельности предприятия;
- во-вторых, означает, что попытка улучшить состояние предприятия по каким-то одним критериям может привести к ухудшению его положения по другим.

В этом проявляется суть многокритериальности принятия решений по управлению финансовыми ресурсами и необходимости решать задачи многокритериального синтеза.

Процесс моделирования и выбора наилучших решений отражен в разработанной имитационной модели, один из блоков которой связан с оценкой влияния факторов оперативного и стратегического уровней [4, с. 188]. Модель позволяет оценивать влияние управленческих решений, принимаемых на оперативном уровне планирования, на показатели, отражающие эффективность функционирования предприятия.

## 2. Оптимизационная модель распределения финансовых потоков

Задача управления платежным календарем является динамичной, а управление должно состоять не в оптимизации распределения средств в один момент времени, а в определении оптимального решения на протяжении длительного периода (неделя, месяц, квартал). Не достаточно определить оптимальный план распределения ресурсов в отдельно взятом периоде, ведь вероятно, что в последующие периоды распределение средств будет неоптимальным, так как не учитывались возможности дальнейшего развития производства, риски неплатежей и другие значимые факторы.

Составление ежедневных оптимальных планов более эффективно с учетом предшествующих периодов, так как месячный (годовой) оптимальный план будет результатом оптимальных решений, принятых для всех предыдущих периодов, при этом должны учитываться решения, принятые на предыдущих этапах. Возможность принимать ряд последовательных решений, обеспечивающих оптимальность развития процесса в целом дает метод динамического программирования. Динамическое программирование является мощной алгоритмической парадигмой оптимизации последовательных процессов принятия решений, которые имеют декомпозиционную природу [1, с. 44-49]. Алгоритмическая схема динамического программирования состоит в погружении решаемой сложной задачи в параметризованное семейство подзадач с последующим решением этих подзадач, используя принци-

пы оптимальности Беллмана и вытекающее из него рекуррентное уравнение Беллмана.

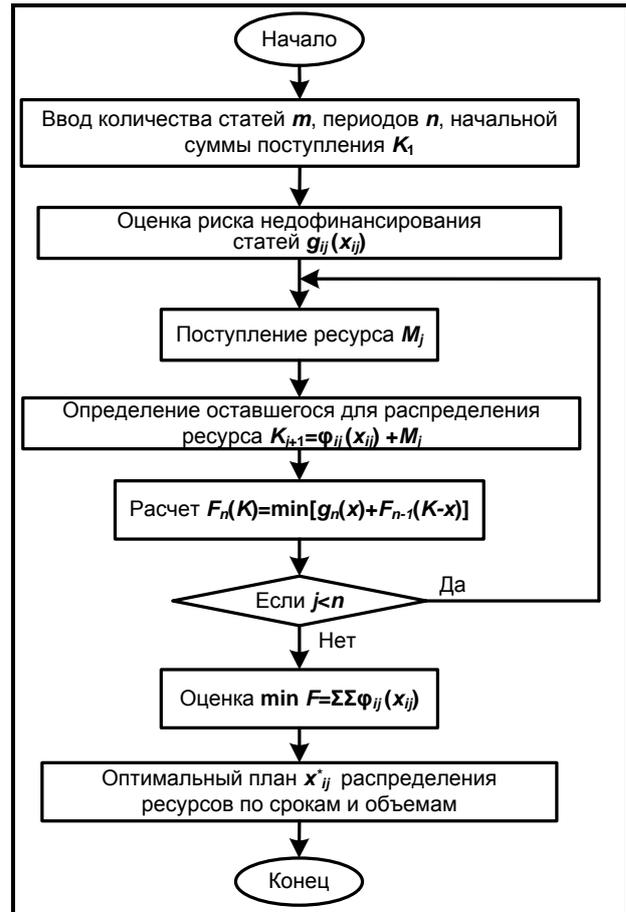


Рис. 1. Алгоритм синтеза оптимального решения по распределению финансовых потоков

Принцип оптимального управления отражен в функциональном уравнении Беллмана, устанавливающем связь между управлением на  $n$ -м и  $(n - 1)$ -м шагах. Оптимальное управление обладает следующим свойством: независимо от первоначального состояния и решения в начальный момент времени, последующие решения должны составлять оптимальное поведение (стратегию) относительно состояния, полученного в результате предыдущего решения. Это означает, что максимальная выгода (доход) от  $n$ -шагового процесса равна сумме доходов от первого и  $(n - 1)$  последующих шагов при условии наилучшего распределения на последующих шагах оставшихся после первого шага ресурсов. Такой  $n$ -шаговый процесс принятия решений является последовательным и состоит из трех компонентов:

- множества шагов (этапов) принятия решения  $i = 1, \dots, n$ ;
- множества состояний и множества решений.

Обобщенно задачу принятия решений по распределению финансовых средств в объеме  $K$  по  $m$  статьям за  $n$  шагов можно формализовать следующим образом. Критерий оптимальности при распределении средств отражает минимум потерь и штрафных санкций по неуплате расходных статей:

$$\min F = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m g_{ij}(x_{ij}), \quad (4)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq K_j, \quad j = \overline{1, n};$$

$$\sum_{j=1}^n \varphi_{ij}(x_{ij}) + M_j = K_{j+1}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (5)$$

$$M_j \geq 0, \quad K_j \geq 0, \quad x_{ij} \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}.$$

В результате неоптимального распределения имеющегося ресурса  $K$  в  $i$ -ую статью в  $j$ -й в объеме  $x_{ij}$  формируются финансовые потери  $g_j(x_{ij})$  в результате непокрытая соответствующих статей затрат. Часть ресурса  $K$  при этом может остаться не израсходованной и она определяется функцией остатка  $\varphi_j(x_{ij})$ . Известна также величина  $K_j$ , распределяемая на  $j$ -ом шаге. На каждом этапе необходимо распределить финансовый поток  $x_{ij}$  так, чтобы начиная с данного этапа и до конца планируемого периода потери за весь период времени были минимальны.

Алгоритм синтеза оптимального решения при распределении финансовых ресурсов и формировании платежного календаря показан на рис. 1. Ранее в [2, с. 174] был приведен разработанный для модельного описания процессов формирования и расходования денежных потоков укрупненный алгоритм платежного календаря. С учетом этого алгоритма и на приведенной выше модели оптимизации формируются оптимальные денежные оттоки, сгруппированные по статьям расходов.

### 3. Схема формирования целевого остатка денежных средств

Для обеспечения платежеспособности предприятия, а также формирования страхового резерва на случай незапланированных операций и поддержания компенсационных остатков, определяемых по соглашению кредитными организациями необходимо установить целевой остаток денежных средств. Задача оптимизации среднего текущего остатка денежных активов, обеспечивающего решение двух противоречивых, но связанных между собой задач по поддержанию текущего уровня платежеспособности и ликвидности, с одной стороны, и получению дополнительной прибыли от инвестирования свободных денежных средств, с другой стороны. При планировании движения денежных потоков должно быть предусмотрено достижение сбалансированности притоков и оттоков денежных средств, то есть такой синхронизации платежей и поступлений, при котором сальдо накопленных денежных средств не снижается ниже допустимого уровня и соответствует среднему оптимальному значению.

Величина текущих и страховых денежных средств зависит от оборота предприятия, неопределенности прогноза относительно денежных потоков и условий получения краткосрочных кредитов. В зависимости от степени детерминированности-стохастичности значений величин потребности предприятия в денежных средствах целевой остаток можно определить с использованием одного из перечисленных ниже методов. Если выплаты денежных средств имеют детерминированный характер, то есть интенсивность денежных выплат  $b$  сохраняется на определенном уровне, то управление состоит в определении оптимального размера средств на счете – целевого остатка, при котором суммарные издержки  $L$ , связанные с недополучением дохода от предоставления имеющихся средств

в кредит (альтернативные издержки)  $c_1$  и с издержками по обслуживанию при получении кредита (транзакционные издержки)  $c_2$  будут минимальны. В этой ситуации целевой остаток может быть определен как  $a_0 = \sqrt{2c_2 b / c_1}$ .

В случае стохастичности потоков денежных расходов оценить целевой остаток средств на определенный период можно на основе следующей схемы.

#### Шаг 1

Представим функцию потерь  $L$  как кусочно-линейную функцию требуемого объема денежных средств  $\mu$ :

$$L(\mu, \gamma) = \begin{cases} k_1(\gamma - \mu), & \text{если } \gamma \geq \mu; \\ k_2(\mu - \gamma), & \text{если } \gamma < \mu, \end{cases}$$

где  $\mu$  – заранее неизвестно.

#### Шаг 2

На основе статистических наблюдений получим апостериорное распределение требуемого объема средств  $\mu$ . При дискретном  $\mu$ , имеющем закон распределения  $f(\mu)$ , математическое ожидание суммарных затрат имеет вид:

$$L(\mu) = k_1 \sum_{\mu=0}^{\gamma} (\gamma - \mu) f(\mu) + k_2 \sum_{\mu=\gamma+1}^{\infty} (\mu - \gamma) f(\mu).$$

Здесь первое слагаемое учитывает затраты по недополучению дохода от  $(\gamma - \mu)$  денежных единиц, а второе – потери, связанные с недостаточным объемом ресурса  $(\mu - \gamma)$ .

#### Шаг 3

С помощью функции распределения  $f(\mu)$  определим квантиль порядка:

$$\frac{c_2}{c_1 + c_2},$$

где  $F(\gamma_0) = \frac{c_2}{c_1 + c_2}$  – функция апостериорного рас-

пределения потребностей в ресурсах;

$\gamma_0$  – оптимальный объем необходимых средств, или

квантиль порядка  $\frac{c_2}{c_1 + c_2}$  апостериорного распределения величины  $\mu$  [3, с. 86-90].

При  $c_1 = c_2$  оптимальный уровень ресурса  $\mu_0$  соот-

ветствует равенству  $F(\gamma_0) = \frac{1}{2}$ , т.е. целевой остаток

денежных средств представляет собой медиану в апостериорном распределении потребности  $\mu$ . В случае нормального распределения

$$N(m, \sigma),$$

где  $m, \sigma$  – соответственно математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение денежных оттоков, значение целевого остатка денежных средств можно определить по таблице нормированного нормального распределения. Если распределение не относится ни к одному из известных законов распределения, тогда с помощью графика функции распределения потребностей в денежных средствах нужно

определить квантиль порядка  $\frac{c_2}{c_1 + c_2}$ .

Итак, для обеспечения синхронизации денежных потоков и выработки рациональной стратегии, при которой денежные оттоки сочетаются с притоками, разработана модель оптимального управления денежными средствами. Такая модель обеспечивает, во-первых, определение необходимого и достаточного объема денежных ресурсов на счетах предприятия, во-вторых, дает необходимые рекомендации финансовым аналитикам по обеспечению контроля за денежными выплатами, по работе с кредиторами и дебиторами, в третьих – минимизировать риски финансовых потерь вследствие неэффективного управления финансовыми потоками предприятия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные модели управления распределением стохастических финансовых потоков, построенные на принципах оптимального динамического управления Беллмана по критерию минимизации рисков неплатежей, транзакционных и альтернативных издержек, представляют основу для принятия эффективных оперативных решений по распределению денежных средств по статьям затрат и обеспечивают поддержание на достаточном уровне показатели финансовой устойчивости, ликвидности и платежеспособности предприятия. Разработанные алгоритмы управления финансовыми ресурсами позволяют эффективно планировать распределение платежей, сбалансировать притоки и оттоки финансовых средств, обеспечивая кредитоспособность и развитие предприятия.

## Литература

1. Беллман Р. Динамическое программирование и современная теория управления [Текст] / Р. Беллман, Р. Калаба. – М. : Наука, 1969. – 120 с.
2. Исмагилова Л.А. Модели и алгоритмы оперативного управления финансовыми ресурсами предприятия [Текст] / Л.А. Исмагилова, Е.В. Орлова // Науч.-техн. ведомости Санкт-Петербургского госуд. политехнического ун-та ; Экономические науки. – 2012. – №5. – С. 172-175.
3. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе [Текст] / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Б. Хрусталева. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 176 с.
4. Орлова Е.В. Имитационная модель управления стохастическими финансовыми потоками предприятия [Текст] / Е.В. Орлова // Науч.-техн. ведомости Санкт-Петербургского госуд. политехнического ун-та ; Экономические науки. – 2012. – №5. – С. 185-189.
5. Орлова Е.В. Информационная система управления финансовыми ресурсами предприятия [Текст] / Е.В. Орлова // IN-LOOK DAYS : тр. междунар. науч.-практ. конф. – Кошице : Изд-во Словацкого технологического ин-та. – 2011. – С. 65-71.
6. Орлова Е.В. Методы математического моделирования финансовых потоков предприятия [Текст] / Е.В. Орлова, А.Ф. Салихова // Экономика. Управление. Право. – 2011. – №1. – С. 30-31.
7. Орлова Е.В. Инструментальные средства управления финансовыми ресурсами предприятия [Текст] / Е.В. Орлова, А.Ф. Салихова // Альманах современной науки и образования. – 2011. – №2. – С. 175-176.

## Ключевые слова

Производственно-экономическая система; финансовые потоки; оперативное финансовое планирование; оптимизационная модель; принцип оптимальности Беллмана; управление ликвидностью и платежеспособностью.

*Орлова Екатерина Владимировна*

## РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность проблемы. Одной из важнейших задач эффективного функционирования производственно-экономических систем является повышение результативности и прозрачности их деятельности в сфере управления финансами. В условиях стохастичности, а часто и неопределенности параметров внутренней и внешней среды необходимо максимально точно оценивать возможные поступления доходов в бюджеты и иметь возможность просчитывать множество альтернативных вариантов расходования бюджетных средств, чтобы выбрать оптимальную стратегию, наилучшим образом отвечающую потребностям сложившейся финансово-экономической ситуации. Поэтому статья, направленная на решение проблемы оптимального управления распределением финансовых потоков, является одной из приоритетных для современных производственно-экономических систем.

Научная новизна и практическая значимость. В статье предложена авторская модель оптимального динамического распределения денежных средств по критерию минимизации рисков неплатежей, транзакционных и альтернативных издержек, позволяющая планировать в динамике поступление и расходование платежей с учетом возможностей развития производства. Модель может использоваться при планировании распределения финансовых потоков, обеспечивающее их максимальную сбалансированность, ускорение оборачиваемости денежных средств и поддержание необходимого уровня ликвидности и платежеспособности производственно-экономической системы.

Заключение. Рецензируемая статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к изданию.

*Гилева Т.А., д.э.н., профессор кафедры экономики предпринимательства Уфимского государственного авиационного технического университета*