

УДК 519.66517.44

к.т.н. Шиков Н. Н.,  
к.т.н. Бойко Н. З.,  
Шиков Р. Н.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, shikovnik2010@mail.ru)

## МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ФИНАНСОВОЙ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ

*Сформированы на основе прямого и поэтапного обратного вейвлет-преобразования признаки для распознавания объектов дестабилизации финансового состояния предприятия. Процедуры распознавания объектов дестабилизации финансового состояния предприятия проводятся с помощью динамической модели при сопоставлении фактических и плановых денежных потоков.*

**Ключевые слова:** признаки распознавания, дестабилизирующие объекты, динамическая модель предприятия, вейвлет-преобразование, декомпозиция денежного потока, поэтапная кумулянта синтезирующих денежных потоков.

**Постановка проблемы.** Динамический подход в управлении финансовыми ресурсами предприятия в современной теории менеджмента справедливо выделяется в отдельную область исследования, что в целом ассоциируется с движением денежных средств среди взаимодействующих участников рынка. Перспективность развития динамического подхода при оценке финансового состояния обусловлена, прежде всего, смещением акцентов в подходах современных исследователей, рассматривающих предприятие как быстро изменяющуюся систему, которая требует выделения специфических особенностей изменения финансовых ресурсов. Под финансовыми ресурсами предприятия будем понимать все источники денежных средств, аккумулируемые предприятием для формирования необходимых ему активов в целях осуществления всех видов деятельности как за счет собственных доходов, накоплений и капитала, так и за счет различного рода инвестиций [2]. Под финансовой устойчивостью предприятия подразумевается свойство предприятия, которое отражает в процессе взаимодействия внешних и внутренних факторов влияние на финансовое равновесие, способность предприятия удерживать на соответствующем уровне стратегию развития.

Требование сбалансированности финансовых ресурсов с точки зрения их ис-

точников и направлений использования порождает одну из ключевых проблем рыночной экономики — платежеспособность предприятия. Исходя из этого, аналитики регулярно находятся в поиске информационных признаков, обеспечивающих не только контроль финансовых ресурсов на предприятии, но и признаков, способных на ранних стадиях распознать источники их дестабилизации. Противоречие в сфере оперативной стабилизации финансового состояния предприятия состоит в том, что, с одной стороны, оперативная идентификация на ранних стадиях дестабилизирующих факторов способствует укреплению доверия в партнёрских отношениях и снижает риски невыполнения кредитных и текущих обязательств перед контрагентами, а с другой стороны, процесс разработки эффективных алгоритмов распознавания критических ситуаций на предприятии и распознавание их инициаторов требует значительных инвестиционных вложений на реализацию экспертной системы. Отсюда следует очевидность актуализации разрешения проблемы оперативной финансовой дестабилизации.

**Анализ последних исследований и публикаций.** При решении проблемы дестабилизации финансового состояния предприятия и в целях формализации описания денежных ресурсов авторы [1–5] предла-

гают абстрагироваться от экономического содержания каждой финансовой операции и рассматривать движение денежных средств как входящий и исходящий временные ряды, состоящие из определенной последовательности платежей в функции времени. Далее с большим запаздыванием предполагается использование известных методов прогнозирования для предсказания развития ситуации.

Широко известные методы внутрипроизводственного контроля (в основном статические [2, 3, 8]) ориентированы преимущественно на нужды стратегического управления, призваны удовлетворять требования пользователей информации, при этом они с большим отставанием от текущей ситуации позволяют реагировать на изменения внешних факторов и не нацелены на выполнение оперативной адаптации предприятия к их изменениям. Неспособность традиционного контроля оперативно отражать как внутренние, так и внешние изменения показателей функционирования предприятий, и отсутствие динамических признаков идентификации объектов дестабилизации денежных потоков приводит к значительным непредвиденным затратам (штрафы, пени) и упущенным выгодам. Основные отличия статического и динамического подходов, например, при анализе денежных потоков представлены в таблице 1 [1, 3].

Анализ особенностей статического и динамического подходов позволяет сделать вывод о различии признаков распознавания объектов дестабилизации на основе накапливаемой информации в базе данных. К этому следует добавить, что информационное обеспечение контроля финансовой устойчивости предприятия в условиях экономической нестабильности следует организовать с учетом его основных функций, отраслевых особенностей предприятия и координации всех подразделений.

**Постановка основной задачи.** Для описания функционирования предприятия в динамике необходимы модели, обеспе-

чивающие отражение основных явлений в функции времени с элементами параметрической коррекции настроек модели в процессе использования в вычислительных экспериментах. Следует отметить, что в условиях кризиса входной денежный поток предприятия приобретает нестационарный характер в виду роста вероятности нарушений дисциплины погашения краткосрочных обязательств. Риски дестабилизации входящего потока по оценкам коммерческих структур превышают риски исходящих потоков в 3–5 раз [1]. Это связано с тем, что исходящие потоки платежей имеют предписанный характер и достаточно точно представлены в финансовом плане при составлении бюджета предприятия. Их характеристики в основном определяются результатами прогнозирования конъюнктуры рынков сырья и товаров, оценками технологии производства и приоритетным погашением налоговых обязательств. Таким образом, проблемы контроля и распознавания объектов дестабилизации финансового состояния относятся к актуальным и, в условиях дефицита оборотных средств, приобретают первостепенное значение. Полезность анализа денежных потоков возрастает пропорционально частоте обработки данных. Оценить финансовое состояние и распознать объекты дестабилизации с высокой периодичностью на основе статических методов представляет собой затратную задачу, перевод которой в плоскость компьютерных технологий указывает на ее низкую окупаемость (более чем 7 лет). Это акцентирует задачу снижения рисков неплатежеспособности на необходимость поиска новых признаков оперативной оценки финансового состояния и методов распознавания дестабилизирующих объектов.

Цель статьи состоит в обосновании и практическом использовании математической модели оперативного распознавания объектов финансовой дестабилизации на предприятии при нестационарных входных денежных потоках.

Таблица 1

Отличительные особенности статического и динамического подходов при анализе финансовых ресурсов

Критерии анализа	Подход	
	статический	динамический
Объект анализа	Статическая величина накопленных денежных средств	Движение и тренд денежных средств за определенный период
Время анализа	Отчетная дата	Заданный временной интервал
Методология анализа	Индикация показателей состояния денежного потока на отчетную дату	Динамическая модель предприятия с учетом факторов, влияющих на формирование финансовых ресурсов
Информационная поддержка	Финансовая отчетность	Временные ряды движения денежных средств
Результат анализа	Показатели финансового состояния	Отклонения в функции времени от предписанных значений, идентифицированные дестабилизирующие факторы

Объектом исследования выступает процесс распознавания дестабилизирующих факторов финансового состояния предприятия.

Предметом исследования являются динамические методы распознавания разбалансирования финансовых ресурсов на предприятии.

**Изложение основного материала.** Моделирование финансовых процессов на предприятии эффективно решает проблему оперативного управления только в том случае, если используемые модели адекватны реальным объектам. Авторы в качестве формализации процессов на предприятии предлагают использовать дифференциальные уравнения (1а и 1б), представляющие динамическую модель формирования активов и финансовых ресурсов. Аналитическое описание увязывает производственные, входящие и исходящие денежные потоки в единую нелинейную систему. Выражение (1б) описывает формирование плановых финансовых ресурсов.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dK}{dt} &= \Phi_1(t) \cdot \gamma - K \cdot \alpha \cdot t, \\ \frac{dP}{dt} &= Y(\vartheta \cdot K, L) \cdot t - Q_{o,i} \cdot t, \\ \frac{d\Phi_1}{dt} &= \sum_{i=1}^n D_i(t) - \sum_{j=1}^m PL_{nl,j}(t), \end{aligned} \right\} a) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Phi_2}{dt} &= \sum_{i=1}^n Q_{nl,i} \cdot t \cdot Z_{n,i} - \sum_{j=1}^m PL_{nl,j}(t), \\ \sum_{j=1}^m PL_{nl,j}(t) &= \sum_{i=1}^n Q_{nl,i} \cdot t \cdot Z_{n,i} \cdot \beta_1 - \\ &\quad - Q_{nl,i} \cdot C_{nl} \cdot t + KR(t) - \\ &\quad - NO \cdot \beta_2 - v \cdot KR(t - \tau_1), \\ NO &= \sum_{i=1}^n D_i(t) - \sum_{i=1}^n Q_{o,i} \cdot t \cdot Z_{n,i} \cdot \beta_1 - \\ &\quad - C_o \cdot t \cdot Q_{o,i}, \end{aligned} \right\} б) (1)$$

где  $P$  — запас готовой продукции в момент  $t$  в натуральном выражении;

$Y(\vartheta \cdot K, L)$  — производственная функция производительности продукции, количество/время;

$D_i(t)$  — доход предприятия;

$K$  — капитал предприятия;

$L$  — трудовые затраты;

$\alpha(t)$  — физический износ оборудования;

$t$  — текущее время;

$\Phi_1(t), \Phi_2(t)$  — финансовые ресурсы предприятия (фактические и плановые);

$\gamma$  — доля пополнения капитала;

$\beta_1, \beta_2$  — ставки налогообложения на добавленную стоимость и прибыль соответственно;

$v$  — процентная ставка по кредитам;

$KR$  — внешнее кредитование;

$Z$  — цена продукции;

$Q_{o,i}(t)$ ,  $Q_{nl,i}(t)$  — плановая и фактическая интенсивность отгрузки продукции;

$NO$  — налогооблагаемая прибыль;

$C_o(t)$ ,  $C_{nl}(t)$  — соответственно фактическая и плановая себестоимость единицы продукции;

$\tau_1$  — запаздывание в получении кредита;

$\vartheta$  — вес капитала, участвующего в производстве;

$\sum_{j=1}^m PL_{nl,j}(t)$  — потоки погашения пла-

новых обязательств;

$n$ ,  $m$  — количество входящих и исходящих денежных потоков;

$\mu_{don}$  — допустимое отклонение в финансовых ресурсах.

Очевидно, что, если  $\Phi_2 - \Phi_1 \geq \mu_{don}$ , то платежеспособность предприятия не нарушена, в других случаях требуется поиск дестабилизирующих факторов.

На современном этапе развития вычислительных экспериментов с участием нестационарных потоков (например, денежных) и их обработки наибольшей информативностью обладает вейвлет-преобразование [3]. Вейвлеты стали необходимым аналитическим инструментом во многих исследованиях. Их используют в тех случаях, когда результат контроля временного потока должен содержать не только простое перечисление его характерных частот (масштабов), но и сведения об определенных локальных координатах, при которых эти частоты проявляют себя. Последнее свойство позволяет провести распознавание образа (дестабилизирующий объект) в этом потоке.

Можно с уверенностью сказать, что основным индикатором дестабилизации платежеспособности предприятия является отрицательное отклонение фактических финансовых ресурсов относительно предписанных (плановых).

Вейвлет-преобразование временных потоков является обобщением спектрального

анализа, например, по отношению к преобразованию Фурье. Проблема анализа нестационарных рядов динамики встречалась в научных трудах [6, 7], где основная цель состояла в представлении одномерного ряда в виде компонент, отражающих периодические составляющие, характеризующие амплитуду, частоту и временную локализацию. При таком представлении входного денежного потока, с помощью прямого и обратного вейвлет-преобразования, математическая модель (1а) и (2б) приобретает способность проводить вычислительные эксперименты, при этом избежать высокозатратных и малоэффективных статических расчетов состояния финансовых ресурсов. При последовательном накопительном синтезе декомпозированных составляющих денежного потока и использования их как входящий поток модели предприятия, удастся распознать с достаточной точностью дестабилизирующие объекты финансовой устойчивости. Для выделения составляющих из нестационарного ряда используется прямое, а при синтезе обратное вейвлет-преобразование.

Вейвлеты, «волновые колебания», это группа функций определенной формы, которые локализованы во времени и частотной области, образующие ортогональный базис. Однако большинство типов вейвлетов не имеют аналитического описания в виде одной формулы, а задаются итерационными выражениями, легко вычисляемыми программно в процессе моделирования. Примером таких вейвлетов [6] являются функции Дабеша (Daubechies).

Следует отметить, что прямое вейвлет-преобразование ( $W_s(b, \alpha_0)$ ) при программной обработке ряда  $S(n)$  характеризует временную зависимость (при  $\alpha = \alpha_0$ ), тогда как зависимость  $W_s(\alpha, b_0)$  ставит в соответствие частотную зависимость (при  $b = b_0$ ). В стандартных программах вейвлет-анализа параметры  $a$ ,  $b$  задаются в виде  $\alpha = 1/2^j$ ,  $b = k/2^j$ , где  $j$ ,  $k$  — целые

числа. То есть с ростом  $j$  параметр  $a$  уменьшается, что соответствует сжатию материнской вейвлет-функции  $\phi_{jk}(n)$ .

Особенностью вейвлет-анализа является то, что в нем можно использовать большое число основных вейвлет-функций, реализующих различные варианты соотношения между частотой и локализацией при анализе временного ряда. Поэтому при исследовании имеется возможность выбора между семействами вейвлетных функций и гибкого применения тех, которые наиболее эффективно решают конкретную задачу.

Результатом дискретного прямого вейвлет-преобразования  $W_s(a, b)$ : являются коэффициенты  $C_{jk}$ , вычисляемые по формуле [7]:

$$C_{jk} = W(2^j, k \cdot 2^j).$$

С учетом вейвлетной функции прямое преобразование (расчет  $C_{jk}$ ) имеет вид

$$C_{jk} = \sum_{n=1}^N S(n) \cdot \phi_{jk}(n), \quad (2)$$

где  $N$  — объем выборки денежного потока.

Восстановить первообразную функцию временного ряда можно на основе суммирования компонент прямого преобразования

$$S(n) = \sum_j \sum_k C_{jk} \cdot \phi_{jk}(n). \quad (3)$$

Вычисленные коэффициенты  $C_{jk}$  можно представить как ординаты (амплитуды), размещенные над  $j, k$  — плоскостью (сеткой); при этом целочисленные координаты  $j$  и  $k$  указывают соответственно на частоту изменения денежного потока и положение амплитуд вдоль оси времени.

Отсюда следует, что вейвлеты способны выявлять различия в характеристиках денежного потока на разных частотах, а за счет сдвига проанализировать свойства потока в разных точках на всем исследуемом интервале.

Каждая составляющая совместно с трендом  $(C_{0,0})$  характеризует определенный денежный поток, для которого известны величина амплитуды, период (частота) и вре-

менной интервал проявления. Эти компоненты являются теми показателями, с помощью которых предоставляется возможность идентифицировать проблемные отклонения в финансовых ресурсах. Mathcad имеет одну встроенную функцию для расчета вейвлет-преобразования на основе вейвлетобразующей функции Дубеши:

$wave(S)$  — вектор прямого вейвлет-преобразования,

где  $S$  — вектор денежного потока, значения которого взяты через равные промежутки значений аргумента.

Диаграмма контроля и распознавания дестабилизирующих объектов хозяйственной деятельности представлена на рисунке 1. Рассмотрим процедуры контроля финансовых ресурсов предприятия и распознавания источников дестабилизации платежеспособности предприятия. Плановый и фактический денежные потоки для каждого интервала времени заносятся в базу данных и периодически подаются на динамическую модель предприятия (3 и 4 блоки).

После численного решения дифференциальных уравнений плановые накопления финансовых ресурсов сравниваются с фактическими значениями и разность сопоставляется с допустимым значением ( $\mu_{дон}$ ).

Если условие  $\Phi_2 - \Phi_1 > \mu_{дон}$ , соблюдается, процесс считается стабильным. В противном случае запускается прямое и обратное вейвлет-преобразование (блок 1 и 2), а также блок распознавания (блок 5).

Фрагмент денежного потока (псевдослучайный нестационарный процесс за недельный период) представлен на рисунке 2, а его прямое вейвлет-преобразование на рисунке 3.

По данным спектрального анализа (рис. 4) устанавливается амплитуда и частота деконструированного потока. При визуальном сравнении фактического спектра можно установить отклонения в амплитуде и частоте, что подтверждает возможности поиска дестабилизирующих объектов.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

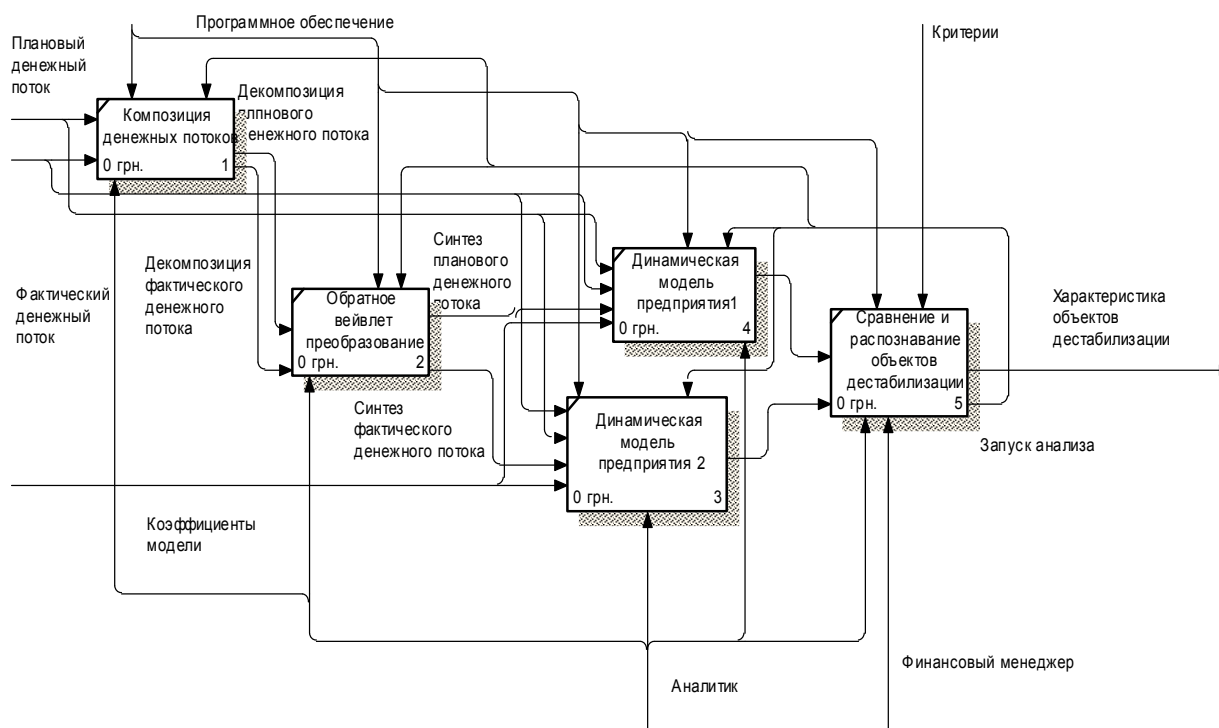


Рисунок 1 Диаграмма процесса контроля и распознавания объектов дестабилизации финансовых ресурсов предприятия

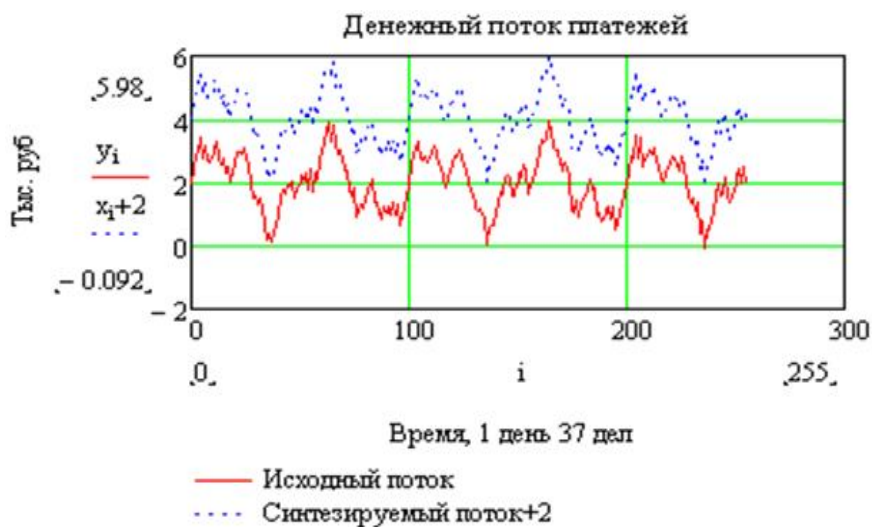


Рисунок 2 Фрагмент денежного потока

Установить объект дестабилизации финансовых ресурсов (блок 5) удастся на основе поэтапного восстановления денежного потока по алгоритму обратного вейвлет-преобразования (3) и воздействия кумулятивной составляющей на модель предприятия.

Алгоритм распознавания реализован следующим образом. Финансовые ресурсы оцениваются после воздействия на модель каждой кумулятивной составляющей восстановленного денежного потока. В случае наступления события  $\Phi_2 - \Phi_1 \leq \mu_{дон}$ , фиксируются параметры составляющей де-

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА**

нежного потока (частота, амплитуда и время), благодаря которым по таблице идентификации (табл. 2) удастся распознать дестабилизирующий объект.

Далее дестабилизирующая составляющая вычитается из кумулятивной и процесс продолжается в направлении поиска других дестабилизирующих контрагентов. Таким образом, фактические показатели

финансовых ресурсов сравниваются с плановыми при различных частотах и амплитудах денежных потоков и, благодаря различиям в признаках, идентифицируются группы плательщиков, дестабилизирующие финансовые ресурсы. Далее по моменту наступления события и группе плательщиков распознается конкретный объект дестабилизации.

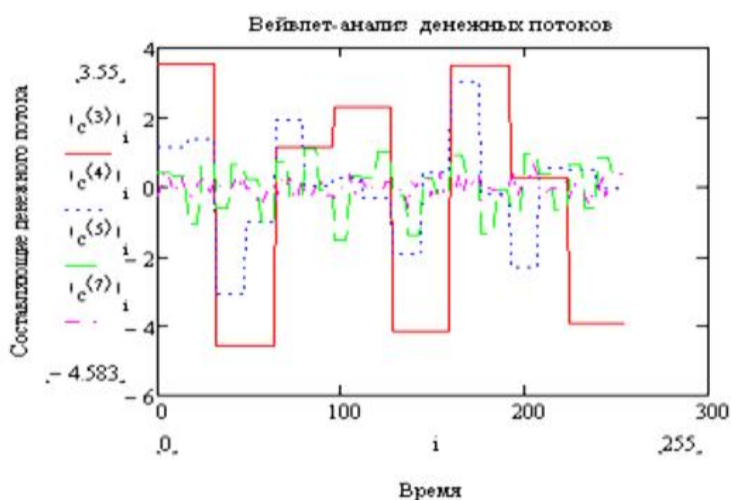


Рисунок 3 Прямое вейвлет-преобразование денежного потока

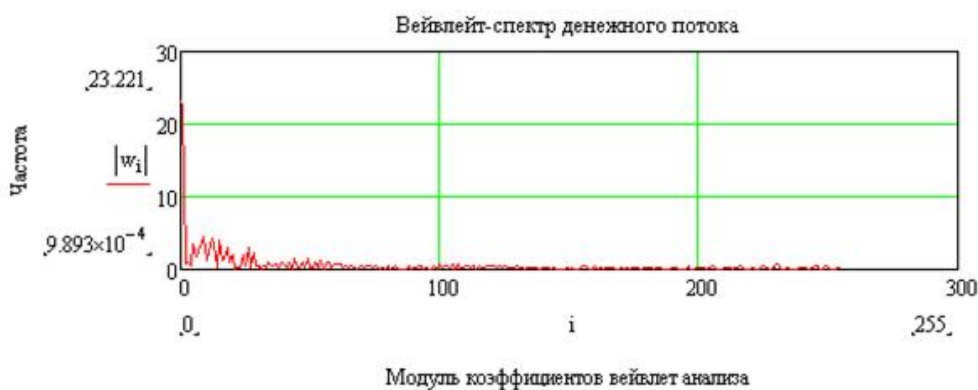


Рисунок 4 Спектр денежного потока

Таблица 2

Идентификаторы источников денежных потоков

Плательщики	Частота платежей	Амплитуда спектра	Текущее время
$\Pi_1-\Pi_i$	$0 \leq \omega \leq \omega_i$	$a_n \leq a \leq a_i$	$t_i$
$\Pi_{i+1}-\Pi_j$	$\omega_{i+1} < \omega \leq \omega_j$	$a_{i+1} < a \leq a_j$	$t_j$
$\Pi_{j+1}-\Pi_k$	$\omega_{j+1} < \omega \leq \omega_k$	$a_{j+1} < a \leq a_k$	$t_k$
...	...	...	...
$\Pi_{l+1}-\Pi_m$	$\omega_{l+1} < \omega \leq \omega_m$	$a_{l+1} < a \leq a_m$	$t_m$

**Выводы.** Неплатежеспособность предприятия обозначает, что предприятие не имело возможности привлечения необходимого объема финансовых ресурсов в прошедшем периоде, поэтому, во избежание просроченных кредитов или упущенных выгод, анализ платежеспособности предприятия рекомендуется проводить не через моментные статические показатели (например, ликвидность), а с помощью динамических характеристик (амплитуда, частота, время момента дестабилизации). В качестве признака дестабилизации следует использовать соотношение финансо-

вых ресурсов (плановых и фактических), отражающих поступление денежных средств и их использование.

Применение при моделировании финансового состояния предприятия прямого и поэтапного обратного вейвлет-преобразования (формирование кумулятивных составляющих денежного потока) в качестве эндогенных параметров динамической модели предприятия позволяет в оперативном режиме реализовать контроль финансовых ресурсов, а также способ распознавания дестабилизирующих объектов предприятия.

### Библиографический список

1. Бочаров, В. В. Управление денежным оборотом предприятий и корпораций [Текст] / В. В. Бочаров. — М. : Финансы и статистика, 2009. — 142 с.
2. Бригхем, Ю. Финансовый менеджмент: полный курс. В 2-х т. [Текст] / Ю. Бригхем, Л. Гапенски. — СПб. : Экономическая школа, 2003. — 497 с.
3. Эволюция подходов к определению денежных потоков предприятия [Текст] / А. И. Бородин, И. В. Ишина, Н. Н. Наточеева, А. Н. Сорочайкин // Вестник СамГУ. — 2013. — № 1 (102). — С. 125–131.
4. Грачев, А. В. Анализ и управление финансовой устойчивостью предприятия [Текст] : учебно-практическое пособие / А. В. Грачев. — М. : Дело и Сервис, 2005. — 207 с.
5. Грачев, А. В. Оценка платежеспособности предприятия за период [Текст] / А. В. Грачев // Финансовая экономика. — 2012. — № 6. — С. 9–16.
6. Дремин, И. М. Вейвлеты и их использование [Текст] / И. М. Дремин, О. В. Иванов, В. А. Нечитайло // УФН. — 2001. — Т. 171. — № 5. — С. 465–501.
7. Губанов, В. А. Выделение тренда из временных рядов макроэкономических показателей [Текст] / В. А. Губанов // Научные труды ИНИП РАН. — М. : МАКС Пресс, 2004. — 520 с.
8. Мироседи, С. А. Система внутреннего контроля — фактор эффективного функционирования предприятия [Текст] / С. А. Мироседи, Е. А. Волошенко // Вопросы экономических наук. — 2013. — № 3. — С. 69–71.

© Шиков Н. Н., Бойко Н. З., Шиков Р. Н.

Рекомендована к печати к.э.н., доц. каф. ИТ ДонГТИ Дьячковой В. В.,  
к.э.н., доц. каф. ЭУ ЛГУ им. В. Даля Белозерцевым О. В.

Статья поступила в редакцию 10.01.2022.

PhD in Engineering Shikov N. N., PhD in Engineering Boiko N. Z., Shikov R. N. (DonSTI, Alchevsk, LPR, shikovnik2010@mail.ru)

### MODEL FOR IDENTIFYING OBJECTS OF FINANCIAL DESTABILIZATION

The features were formed for identifying destabilization objects of the financial standing of enterprise on the basis of direct and step-by-step reverse wavelet-transformation. Procedures for recognizing objects of destabilization of the financial standing of enterprise are carried out using a dynamic model in comparing actual and planned cash flows.

**Key words:** recognition features, destabilizing objects, dynamic enterprise model, wavelet transformation, decomposition of cash flow, step-by-step cumulation of synthesizing cash flows.