

СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЕ НЕФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ: ПОДХОД К ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

А.С. Богомолов, М.М. Дворяшина, О.И. Дранко, В.А. Кушников, А.Ф. Резчиков

Аннотация. Разработан подход к проведению стресс-тестирования нефинансовых организаций, включающий постановку и методику решения обратной задачи, а также математическую модель на основе данных из открытых источников (финансовой отчетности компаний). Актуальность применения данного подхода возрастает в условиях кризисов различной природы (экономический кризис, пандемия COVID-19 и др.), тестирования устойчивости компаний (особенно системообразующих) к шокowym ситуациям в целях разработки превентивных управленческих воздействий компенсирующего характера. Постановка прямой задачи предполагает определение параметров финансовой модели компании, обеспечивающих неотрицательный уровень остатка денежных средств в прогнозном периоде. Обратная задача состоит в определении характеристик финансово-экономического состояния предприятия, соответствующих различным критическим сочетаниям параметров финансового результата его деятельности. Авторами разработана оригинальная методика, позволяющая значительно снизить трудоемкость и вычислительную сложность проведения стресс-тестирования, используемого в технологиях риск-менеджмента финансовых организаций, благодаря применению новой математической модели в аналитическом виде. Работа модели продемонстрирована на примере стресс-тестирования системообразующего предприятия реального сектора экономики, значительно пострадавшего от ограничительных мер в условиях пандемии COVID-19. Для модельных расчетов использованы открытые данные финансовой отчетности организации.

Ключевые слова: стресс-тестирование, критическое сочетание параметров, риск-менеджмент, финансовое прогнозирование, моделирование, обратная задача, движение денежных средств, операционная эффективность, COVID-19.

ВВЕДЕНИЕ

Масштабный экономический кризис, вызванный ограничительными мерами при пандемии COVID-19, спровоцировал резкое снижение спроса на многих рынках товаров и услуг реального сектора мировой экономики, повлекшее в некоторых отраслях массовые банкротства, запрос от бизнеса на финансовую поддержку наиболее пострадавших от кризиса компаний¹, чрезвычайные меры правительств. Постановлением Правительства Российской Федерации² предусматриваются такие меры финансовой поддержки бизнеса, как субсидии на

возмещение затрат, отсрочка уплаты налогов и авансовых платежей, госгарантии, необходимые для реструктуризации существующих или выдачи новых кредитов и облигационных займов. В первую очередь указанные меры касаются так называемых системообразующих предприятий³.

Цель соответствующих усилий Правительства – повышение устойчивости развития российской экономики. В качестве одного из условий доступа компаний к государственным мерам финансовой поддержки заявлено проведение анализа финансово-хозяйственной деятельности системообразующей организации, выполнение оценки ее финансовой устойчивости (стресс-тест) в соответствии с

¹ URL: <https://www.cbr.ru/covid/> (дата обращения 25.05.2021).

² URL: <http://government.ru/docs/39665/> (дата обращения 25.05.2021).

³ URL: <https://data.economy.gov.ru/> (дата обращения 25.05.2021).

порядком, установленным Министерством экономического развития Российской Федерации⁴.

Методики оценки финансовой устойчивости (стресс-тестирование) известны в теории и практике риск-менеджмента более двух десятилетий. Но более широкое распространение они получили в банковском секторе экономики, который наряду с факторами внешней среды находится под сильным давлением регуляторов. В реальном секторе экономики процедуры стресс-тестирования практически не проводятся в силу сложности привлекаемых математических моделей. Сложность и неоднозначность проведения стресс-тестов для нефинансовых организаций заключаются в необходимости разработки:

- сценариев поведения экономических показателей предприятий в ситуации стресса (кризиса),
- модели прогнозирования.

Авторами предложена схема стресс-тестирования, которая заключается в проведении следующих основных мероприятий:

- получение данных о финансово-экономическом состоянии объекта управления;
- разработка сценариев проведения стресс-тестирования;
- настройка математической модели объекта управления, на который влияет реализация выбранных сценариев стресс-тестирования;
- проведение вычислительных экспериментов с математической моделью;
- анализ результатов математического моделирования;
- разработка планов мероприятий по предотвращению возможных критических ситуаций, диагностированных в процессе стресс-тестирования.

В рамках предлагаемого подхода возможна коррекция используемых сценариев, параметров математической модели с последующим проведением вычислительных экспериментов и анализом полученных результатов лицами, принимающими решения. Важным и трудоемким этапом проведения данных исследований является имитационное моделирование изменения производственного процесса предприятия при различных сценариях стресс-тестирования.

Авторами разработана оригинальная методика, позволяющая значительно уменьшить трудоемкость и вычислительную сложность проводимых экспериментов благодаря использованию новой математической модели в аналитическом виде. Эта модель позволяет описать динамику финансово-экономического состояния предприятия при различных значениях управляющих параметров моделей и возмущений.

Вычислительная сложность уменьшена путем:

- Разработки модели прогнозирования динамики финансово-экономического состояния предприятия в аналитическом виде, используемой для решения прямой задачи. Данная задача заключается в прогнозировании значений показателей финансово-экономического состояния предприятия на различных временных интервалах и в определении критического сочетания параметров, приводящих к дестабилизации или полной остановке предприятия.
- Разработки моделей и методов решения обратной задачи, заключающейся в определении состояний предприятия, соответствующих различным критическим сочетаниям параметров. Трудоемкость значительно сокращается благодаря использованию математической модели в аналитическом виде.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В общенаучном смысле стресс-тест представляет собой одну из форм тестирования, которое используется для определения устойчивости системы в условиях некоторых внешних возмущающих воздействий.

Базой для работ по стресс-тестированию выступают исследования финансовой устойчивости бизнес-организации. В работах М.Е. Змиевского [1] приведен обзор исследований по определению показателей финансовой неустойчивости (проблемы, *distress*, банкротства). В частности, для обоснования индикаторов (финансовых коэффициентов) банкротства чаще всего применялся сравнительный анализ финансовых показателей выборок компаний с финансовыми проблемами (*distressed*) и без них.

В области финансов организации понятие стресс-теста появилось в конце 1990-х гг., предпосылками чего явились разработки в теории и практике анализа кредитных рисков компаний, моделирования вероятности банкротств, исследования на основе больших массивов эмпирических данных

⁴ Приказ Министерства экономического развития РФ от 13 мая 2020 г. N 276 «Об утверждении Порядка проведения оценки финансовой устойчивости (стресс-теста) системообразующих организаций российской экономики, претендующих на предоставление в 2020 году мер государственной поддержки». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73936434/#1000> (дата обращения 25.05.2021).



американских компаний, проводимые крупными рейтинговыми агентствами (Moody's, S&P, Fitch). Обзор нескольких поколений подходов к соответствующим задачам представлен в работах [2–4].

Стресс-тест – это испытание на прочность финансового положения организации в условиях «серьезного, но вместе с тем вероятного шока»⁵. Стресс-тестирование организации выступает альтернативой финансовым прогнозам. Модели стресс-тестирования позволяют определить не только чувствительность к отдельным факторам риска, но и к сочетаниям критических факторов. Стресс-тест, как правило, включает в себя четыре элемента:

- Набор тестируемых рисков.
- Сценарий, при котором происходит реализация рисков. Это могут быть сценарии экономического спада, роста безработицы, падения цен на недвижимость на горизонте стресс-теста. Как правило, горизонт стресс-тестирования находится в интервале 2–5 лет.
- Модели, описывающие влияние рисков на тестируемые параметры. Модели, используемые для стресс-тестирования финансовых институтов, определяют связи между макроэкономическими показателями и рыночными индикаторами: процентными ставками, доходностями облигаций, ценами акций и т. д., а также финансовыми параметрами – например, рейтингами корпоративных заемщиков, которые, в свою очередь, влияют на объем доформирования резервов по ссудам.
- Измерение результатов. В большинстве случаев оценивается финансовый результат на горизонте стресс-теста, итоговый показатель достаточности капитала сравнивается с нормативом и рассчитывается дефицит капитала; в ряде стресс-тестов также оценивается дефицит ликвидности.

В качестве двух основных подходов к проведению стресс-тестирования выделяют *bottom-up* и *top-down* стресс-тесты. Первый предполагает работу с методикой стресс-тестирования самой организации (инициативное стресс-тестирование). *Top-down* стресс-тест проводится регулятором с использованием надзорной или публично доступной информации об отдельных организациях по единому определенному сценарию. *Bottom-up* стресс-тест реализуется самими финансовыми институтами с использованием внутренних данных и моделей, но с одинаковым сценарием, определяемым регулятором. Наиболее полно принципы стресс-

тестирования для финансовых институтов отражены в Требованиях Базельского комитета по банковскому надзору (*The Basel Committee*)⁶.

В октябре 2009 г. Совет по финансовой стабильности (*Financial Stability Board*) выпустил документ «Уроки риск-менеджмента, полученные в период глобального банковского кризиса 2008 года»⁷. Особое внимание в нем обращается на вопросы стресс-тестирования, особенно подчеркивается значимость проведения обратных или реверсивных стресс-тестов (*reverse stress test*). Они отличаются от стандартных стресс-тестов тем, что нацелены на определение набора сценариев (комбинаций риск-факторов), в случае реализации которых организация потеряет свою финансовую устойчивость. То есть *обратное стресс-тестирование* (обратная задача) анализирует финансовую устойчивость с другой стороны, определяя те предельные значения риск-факторов, при наступлении которых организация окажется банкротом. Для этого выявляются пограничные значения показателей финансовой устойчивости, при которых организация становится банкротом, и далее определяются события, которые могут привести к таким значениям показателей.

Для компаний реального сектора экономики работ по методикам стресс-тестирования немного, хотя эта тематика изучается в рамках достаточно быстро развивающейся дисциплины риск-менеджмента. В западной практике стресс-тестирования нефинансовых организаций описаны и используются:

– модель кредитного риска (SEBRA-model), разработанная Норвежским банком для прогноза годовой вероятности банкротства фирмы-заемщика;

– модель Moody's AnalyticsRiskCalc⁸. Модель основывается на показателях финансового анализа на основе бухгалтерской отчетности с дополнительной поправкой на вероятность банкротства [5]. Модель рассчитывает прогнозную вероятность банкротства и ожидаемых убытков кредитных организаций.

В работе [6] рассматривается «Ooghe-Joos-DeVos» модель (учитывающая восемь факторов для одного года и шесть факторов для трех лет) предсказания банкротства компаний и проведено

⁵ URL: https://www.cbr.ru/finstab/stress_testing/chto-takoe-stress-testirovanie/what_is_stress_testing/ (дата обращения 20.04.2021).

⁶ URL: <https://www.bis.org/bcbs/index.htm> (дата обращения 25.05.2021).

⁷ URL: <https://www.sec.gov/news/press/2009/report102109.pdf> (дата обращения 01.06.2021).

⁸ URL: <https://www.moodyanalytics.com/product-list/riskcalc> (дата обращения 05.01.2021).

исследование точности предсказания банкротства по ошибке первого рода «кредитного риска» (банкротные фирмы определены как небанкротные) и ошибке второго рода «коммерческого риска» (небанкротные фирмы определены как банкротные). Ошибки обоих родов этой модели лежат в диапазоне 14–33 % на выборке из 280 тыс. компаний Бельгии, из которых 6,5 % были банкротными.

Среди работ, имеющих в базе российской научной электронной библиотеки РИНЦ⁹ на 01.05.2021, с ключевым словом «стресс-тест» удалось обнаружить всего девять публикаций по банковскому сектору и одну публикацию по нефинансовым организациям. В статье [7] приводится обзор различных подходов по формированию стресс-тестов в финансовой сфере.

В основном для стресс-тестирования используются модели регрессионного типа, имитационные модели не применяются. В работе [8] приведен краткий обзор публикаций по стресс-тестированию предприятий. В частности, выделяются три способа оценивания (эконометрический, дискриминантный, смешанный), а также пять подходов по набору переменных: рыночный, микроэкономический (балансовый), макроэкономический, гибридный, рейтинговый. Кроме того, в данной работе рассматривается подход к стресс-тестированию компаний реального сектора российской экономики на основе отчетности предприятий, микроотраслевых показателей, а также прогнозов отраслевых показателей в рамках макроэкономических прогнозов, делается обзор возможных подходов к оценке вероятности дефолта (банкротства) организации.

В работах [9, 10] рассматриваются финансовые коэффициенты, разработанные на основе бухгалтерской отчетности организаций, по их корреляции с дефолтами организаций.

Применение моделей Альтмана (пять факторов) для выборки предприятий Оренбургской области [11] показало, что точность прогнозирования банкротства в течение четырех лет составляет 20 %. Модель предсказания банкротства Ольсона (девять факторов) показывает точность порядка 20 % в течение года.

Принципы корпоративных финансов включают в себя [12] понятия вероятности возникновения рисков и определение возможного ущерба. Для оценки ущерба целесообразно применение математических моделей.

Актуальные задачи стресс-тестирования требуют анализа влияния совокупностей факторов внутренней и внешней среды на исследуемые целевые показатели финансового состояния. При решении таких задач, по мнению авторов, целесообразно применение концепции критических (аварийных) комбинаций событий [13, 14]. Данная концепция подразумевает анализ влияния отдельных факторов с учетом их контекста в виде причинно-следственных связей с другими факторами. Это позволяет учесть то обстоятельство, что относительно незначимые по отдельности события могут складываться в определенном порядке и давать синергетический эффект. Для предупреждения развития нежелательных эффектов подобного рода потребуются комплексы мер, определяемых по предлагаемому в концепции алгоритмам [15]. При этом исследование влияния критических комбинаций факторов важно начинать с анализа частного влияния отдельных рассматриваемых факторов с учетом возможных существенных причинно-следственных связей рассматриваемого фактора с остальными переменными.

В работе [16] выполнен обзор методов однофакторных стресс-тестов для банков. В работе [17] рассматривается регрессионная модель выявления влияющих факторов на финансовую устойчивость (в данном случае – зависимость от источников финансирования) предприятий на примере пищевой отрасли Украины по панельным открытым данным.

Приказом Министерства экономического развития РФ от 13 мая 2020 г. № 276 (см. сноску 4) установлено, что необходимо ежемесячно формировать сценарии оценки устойчивости системообразующих организаций России и определять категорию риска организации. Разработан перечень отраслей российской экономики, в наибольшей степени пострадавших в условиях ухудшения ситуации в результате распространения новой коронавирусной инфекции¹⁰. Выделено 12 отраслей, деятельность которых была фактически парализована в условиях действовавших ограничений, в частности транспортная деятельность, организация досуга и развлечений, гостиничный бизнес и общественное питание, деятельность по предоставле-

⁹ URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения 02.05.2021).

¹⁰ Постановление Правительства РФ от 03.04.2020 N 434 (ред. от 16.10.2020) «Об утверждении перечня отраслей российской экономики, в наибольшей степени пострадавших в условиях ухудшения ситуации в результате распространения новой коронавирусной инфекции». URL: <https://base.garant.ru/73846630/> (дата обращения 25.05.2021).



нию бытовых услуг населению. Кроме того, Минэкономразвития России разработало перечень 1392 системообразующих предприятий по состоянию на 20.05.2021¹¹.

По мнению авторов, данная работа не получила продолжения по причинам отсутствия надежных инструментов для проведения стресс-тестирования нефинансовых организаций, что подчеркивает научно-практическую значимость предложенного в настоящей работе подхода.

Цель данной статьи заключается в разработке методики определения значений параметров математической модели процесса стресс-тестирования, обеспечивающих неотрицательность величины денежного остатка нефинансовой организации на различных временных интервалах управления при значительных возмущениях внешней среды. Данная методика отличается от существующих использованием модели прогнозирования финансово-экономического состояния предприятия в аналитическом виде, что позволило получить аналитическое решение обратной задачи и значительно уменьшить временную сложность разработанных алгоритмов.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ

Модель прогнозирования финансового состояния предприятия является ключевой в проведении стресс-теста [18]. Однако, как показывает практика, при использовании данного формального аппарата не решается задача формирования математической модели для стресс-тестирования предприятий, позволяющая определить условия неотрицательности величины остатка денежных средств на конец прогнозного периода при известных ограничениях на материальные и финансовые ресурсы предприятия.

Необходимо разработать модель для управления предприятием по критерию величины денежного потока в условиях значительных неблагоприятных воздействий со стороны внешней среды, например, таких, как локдаун и падение потребительского спроса («нокдаун для бизнеса»).

В общем виде процедура стресс-тестирования нефинансовых организаций представлена информационно-логической схемой, изображенной на рисунке.

Одной из наиболее важных, по мнению авторов, является задача стресс-тестирования нефинансовых организаций.

Пусть $F(x, u, t)$ – основной финансово-экономический критерий деятельности предприятия, где x – вектор параметров, u – вектор управляющих параметров, t – время.

Для анализа «критических факторов» деятельности предприятия можно выделить один существенный показатель: прогноз наличия денежных средств на конец прогнозного периода

$$F(x, u, t) = \text{Cash}_t.$$

Критическая важность этого критерия обусловлена тем, что при условии $\text{Cash}_t \geq 0$ предприятие продолжает работать (по крайней мере, по финансовым условиям), а при $\text{Cash}_t < 0$ произойдет остановка деятельности из-за реальной неплатежеспособности.

Пусть в результате решения прямой задачи расчета прогноза получено, что $F(x, u, t) = \text{Cash}_t < 0$. В расчетном прогнозе значение показателя Cash_t может быть менее нуля, но по факту отрицательного остатка активов (к которым относятся денежные средства) не бывает. Такой прогноз неосуществим. Фактически это может свидетельствовать о несбалансированности финансовых планов организации и ее возможной неплатежеспособности (банкротстве). Частое рассуждение: в случае отрицательного остатка денежных средств предприятие «влезает» в долги. Но тем самым предполагаются две операции: увеличение заемных средств (долгов) и увеличение денежных средств (до неотрицательной величины).

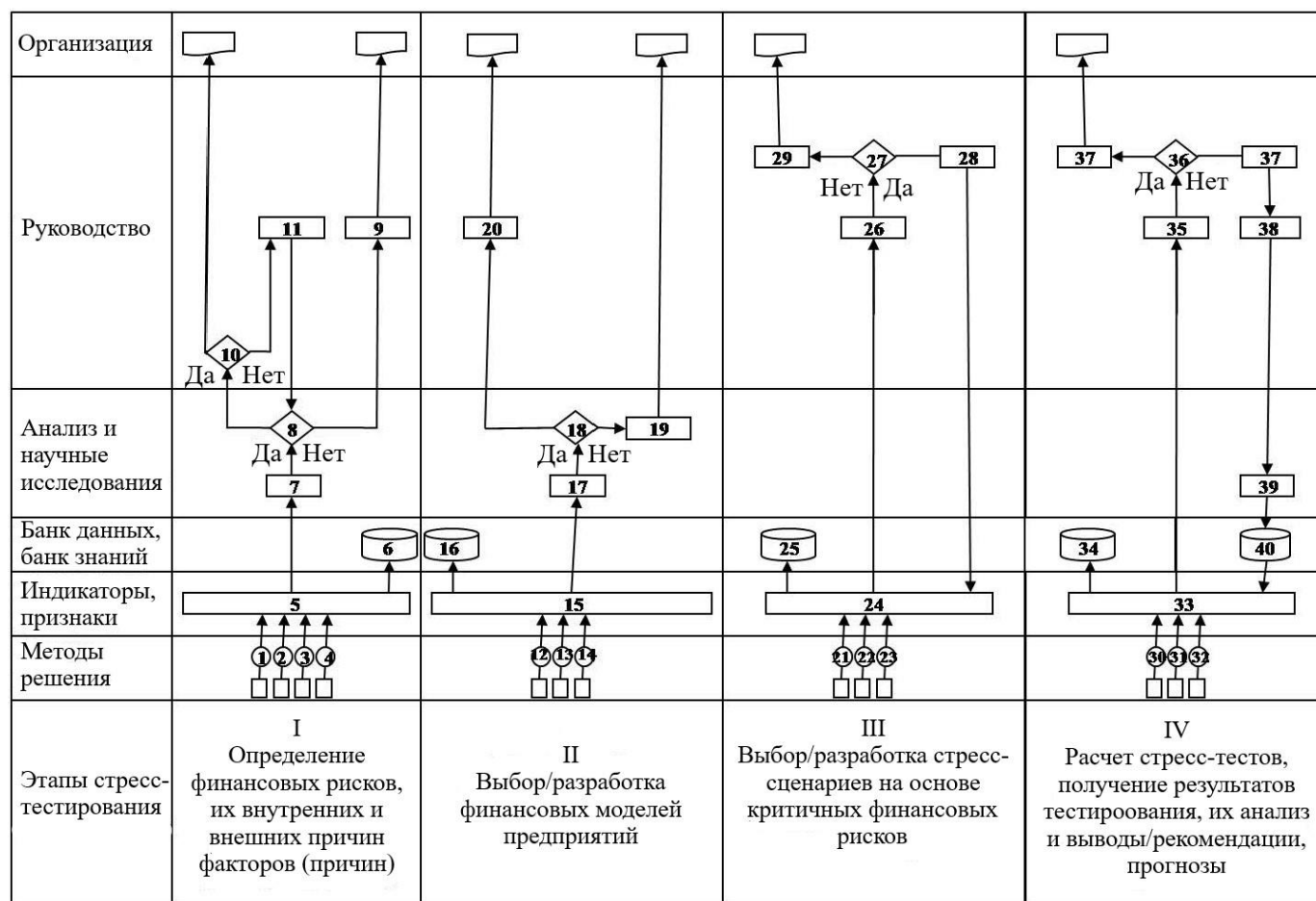
Задача: разработать математическую модель для стресс-тестирования предприятий, позволяющую определить условия для неотрицательности величины остатка денежных средств на конец прогнозного периода при известных ограничениях на материальные и финансовые ресурсы предприятия.

В общем виде решение не единственно и определяется некой гиперповерхностью U параметров u . Для упрощения зафиксируем все параметры, кроме одного – изменения выручки (обозначим его u_1). Ставится «обратная задача»: найти предельное значение параметра u_1 , при котором

$$F(x, u_1, t) = \text{Cash}_t = 0.$$

В силу аналитического вида предложенной ниже модели прогнозирования финансового состояния, решение обратной задачи возможно в аналитическом виде, что существенно упрощает расчеты и возможные исследования.

¹¹ URL: <https://data.economy.gov.ru/analytics/facilities/industry> (дата обращения 20.05.2021).



Информационно-логическая схема осуществления процессов стресс-тестирования нефинансовых организаций: 1–4 – параметрический метод, регрессионный анализ, историческое моделирование, метод аналогичных компаний; 5 – выбор метода анализа рисков на основании современных индикаторов и признаков; 6 – фиксация результатов в базе данных и знаний компании; 7 – обоснование и тестирование выбираемых рисков, полноты комплекса влияющих на них факторов; 8 – «результаты анализа удовлетворительны?»; 9 – вернуться к блоку 5; 10 – «руководство одобряет выбранные риски и факторы?»; 11 – вернуться к анализу результатов первого этапа (блок 8); 12 – анализ исторических данных; 13 – экспертные методы; 14 – методы определения устойчивости параметров модели к стресс-факторам и горизонтам использования модели; 15 – выбор финансовой модели организации; 16 – занесение в базу данных и знаний; 17 – определение точности модели на рассматриваемых горизонтах; 18 – «точность модели удовлетворительна?»; 19 – вернуться к определению горизонтов и др.; 20 – утверждение у руководителя аналитического отдела; 21–23 – методы разработки стресс-сценариев; 24 – выбор базового множества стресс-сценариев; 25 – занесение в базу данных и знаний; 26 – оценка руководством организации выработанных сценариев; 27 – «соответствует ли рассматриваемый спектр сценариев текущим требованиям к полноте и точности решения задачи?»; 28 – выбор актуальных процедур и ответственных исполнителей по доработке рассматриваемого спектра сценариев; 29 – подготовка промежуточных итогов; 30 – моделирование; 31 – анализ результатов; 32 – формирование выводов; 33 – формирование вариантов ответов на основные поставленные вопросы на базе полученных выводов; 34 – занесение в базу данных и знаний; 35 – представление результатов; 36 – «получены ли в результате стресс-тестирования удовлетворительные ответы на поставленные вопросы?»; 37 – подготовка к представлению полученных решений для реализации; 38 – детализация претензий к результатам стресс-тестирования; 39 – анализ обновленных требований; 40 – обновление баз данных и знаний

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ

Перечень финансово-экономических показателей верхнего уровня определяется финансовой отчетностью предприятия. Выбор такого комплекса показателей обусловлен наличием открытых данных о финансовой отчетности. Для реального управления руководство предприятия использует значительно более широкий перечень показателей управленческой отчетности, недоступной внешним

пользователям. Рассматриваемый подход разработан с учетом этого факта. На «верхнем» уровне на основе открытой информации определяются направления изменения параметров, которые уточняются на «нижнем» уровне с использованием информации, доступной менеджменту.

Предлагается подход к построению математической модели, основную идею которой можно описать следующим образом.

- Финансовое состояние организации описывается совокупностью баланса (состояния на опре-



деленную дату) и отчета о доходах/расходах (прироста за период).

- Выделяются «драйверы» роста. В настоящей работе в таком качестве используется выручка (объем продаж).

- Прогнозируются параметры управления. Так как технологии производства и бизнес-процессы управления достаточно инерционны¹², удельные характеристики финансового состояния принимаются постоянными или незначительно изменяющимися за прогнозный период. Такой подход называют методом процента от продаж [19, 20].

- В общем виде прогноз показателей финансово-экономической деятельности рассчитывается как

$$x_t = x_{t-1}(x_{t-1}, u),$$

где x – вектор переменных модели, соответствующих финансово-экономическим параметрам предприятия, u – вектор управления.

Для прогнозирования различных показателей используются различные подмодели прогнозирования [18]. Например, прогноз дебиторской задолженности осуществляется по формуле

$$Y_t = l_{Y_t} S_t,$$

где Y – выделенный показатель из вектора x , соответствующий дебиторской задолженности, тыс. руб.; S – выручка, тыс. руб./год; l_Y – срок оборачиваемости выделенного показателя (дебиторской задолженности), в годах. В последующих формулах для показателей, измеряемых в денежных единицах, значения также указываются в тыс. руб., для показателей оборачиваемости – в годах.

Срок оборачиваемости определяется по среднему коэффициенту срока оборачиваемости прошлых периодов

$$l_{Y_t} = \frac{1}{t-1} \sum_{j=1}^{t-1} \frac{Y_j}{S_j}.$$

Возможно использование линейной зависимости вида $l_{Y_t} = A_Y S_t + B_Y$, где A_Y и B_Y – коэффициенты линейной регрессии. Линейная регрессия представляет собой один из простейших подходов, не исключено (но авторам не встречалось на практике использования в организациях реального сектора экономики) применение более сложных видов регрессий для экономических расчетов.

Содержательно срок оборачиваемости запасов определяется технологическими и управленчески-

ми бизнес-процессами: технологическими операциями, внутрипроизводственными перемещениями, процессами закупки и доставки товарно-материальных ценностей. Такие процессы инерционны и для предприятий со сложившимися технологиями являются достаточно устойчивыми. Это позволяет предполагать, что при неизменности бизнес-процессов срок оборачиваемости останется неизменным (или с небольшим изменением) на следующий прогнозный период.

- Учитывается взаимосвязь баланса и отчета о доходах/расходах: нераспределенная прибыль увеличивает собственный капитал.

- Формируется прогноз денежного потока косвенным методом¹³. При превышении прогнозных активов над прогнозными пассивами формируется отрицательный остаток денежных средств. Это свидетельствует о неплатежеспособности предприятия.

- Рассматриваются и реализуются мероприятия по устранению дефицита денежных средств в реальном управлении. В модели стресс-тестирования ограничимся фиксацией предельного значения выручки, которое приводит к неплатежеспособности, а параметры управления «не успевают» за «стрессовое» время повысить эффективность системы и остаются постоянными.

В реальном управлении чаще всего одновременно происходит изменение нескольких параметров. Для прогнозирования поведения предприятия (с ориентацией на производство) необходимо задать сценарии изменения параметров продаж, производства, закупок, потребности в оборотных активах и т. п. Общее количество декартова множества сочетаний комбинаций параметров составляет $N_i \times N_j \times N_l \times N_m \times N_f \times N_d$, где N_i – количество видов продукции; N_j – количество видов ресурсов; N_l – количество видов валют; N_m – количество видов оборудования; N_f – количество статей постоянных затрат; N_d – количество кредитов.

«Прямые расчеты» могут быть трудо-, время- и вычислительноемкими. Но главное – не обеспеченными информацией в оперативном режиме. Один из вариантов поиска критического сочетания параметров – анализ Монте-Карло при задании распределения вероятностей по каждому параметру. Отметим, что на многих предприятиях нет готовой информации о вероятностном распределении параметров, а ее сбор и обработка – достаточно трудоемкая процедура, и такой подход фактически не реализуем.

¹² При существенном изменении характеристик финансового состояния дополнительно необходимы подмодели прогнозирования этих параметров.

¹³ В данной работе важен именно косвенный метод движения денежных средств, так как он позволяет увязать денежный поток с изменением статей баланса.

В данной работе рассмотрим другой подход – использование суммарных значений показателей и рассмотрение сценариев их изменения.

Запишем математическую модель расчета остатка денежных средств $Cash$ на конец периода

$$Cash_t = Cash_{t-1} + CF_t, \quad (1)$$

где $Cash$ – остаток денежных средств; CF – денежный поток; t – индекс периода (времени).

Поток денежных средств определяется косвенным методом с помощью формулы (индекс времени t опустим для упрощения вида формул в рамках одного периода):

$$CF = Pr + Am - I + \Delta D, \quad (2)$$

где Pr – нераспределенная прибыль; Am – амортизация; I – инвестиции; ΔD – изменение долга.

Нераспределенная прибыль прогнозного периода определяется формулой

$$Pr = (S(1-v) - FC - r_D D)(1-r_\tau)(1-r_u), \quad (3)$$

где v – доля переменных расходов; FC – условно-постоянные расходы без процентов; D – долг (кредиты); r_D – ставка процентов по кредитам; r_τ – ставка налога на прибыль; r_u – доля чистой прибыли на потребление (дивиденды).

Чистые инвестиции определяются как прирост внеоборотных активов по остаточной стоимости с учетом амортизации и изменения чистого оборотного капитала:

$$I - Am = \Delta FA + \Delta WC = n_{FA} FA + l_{WC} \Delta S, \quad (4)$$

где FA – внеоборотные активы; WC – чистый оборотный капитал, равный разности оборотных активов и текущих пассивов; n_{FA} – прирост остаточной стоимости внеоборотных активов; l_{WC} – срок оборачиваемости чистого оборотного капитала.

Математическая модель с учетом суммарных значений показателей будет иметь вид:

$$Cash_t = Cash_{t-1} + (S(1-v) - FC - r_D D) \times (1-r_\tau)(1-r_u) - (\Delta FA + \Delta WC) + \Delta D.$$

4. СТРЕСС-ТЕСТ КАК СЦЕНАРИЙ ИЗМЕНЕНИЯ РЯДА ПАРАМЕТРОВ

Формулирование сценариев стресс-тестирования является сложной частью работы, так как содержательно необходимо описать изменение целевых показателей, показателей эффективности, учесть влияние программы развития и т. п. Но в «шоковом» варианте многие параметры не успевают измениться, и это упрощает и формулирование задачи, и вычисления.

В данной работе будем рассматривать однофакторный стресс-тест (изменение одного параметра).

Предложенная модель прогнозирования позволяет провести анализ и параметрические расчеты для большего количества параметров, но это выходит за рамки текущей статьи.

По каждому параметру введем коэффициент влияния стресс-теста на данный параметр. Ситуация стресс-теста предполагает негативные влияния, что приводит к уменьшению выручки, экономии затрат, сокращению инвестиций и т. п. Поэтому, как правило, эти коэффициенты принадлежат отрезку $[0, 1]$. При увеличении показателей коэффициент будет больше единицы.

Будем рассматривать следующий сценарий изменения факторов:

- Основной параметр – уменьшение выручки: падение спроса, уменьшение объема продаж $k_S < 1$.

- Сокращения прямых (условно-переменных) расходов реализованной продукции не происходит: удельные переменные затраты постоянны ($k_v = 1,0$).

- Фонд оплаты труда сохраняется на прежнем уровне (или уменьшается не более, чем на 10 %) из-за требования сохранить занятость работников; $k_{\text{ФОТ}} = 0,9-1,0$ при сохранении численности, $k_{\text{ФОТ}} = 0,5-0,9$ при сокращении численности.

- Сокращения накладных (условно-постоянных) расходов реализованной продукции не происходит: условно-постоянные расходы (административные и коммерческие расходы) не изменяются ($k_{FC} = 1,0$).

- Изменения учетной политики не происходит: сальдо прочих доходов/расходов не изменяются (отметим, что это достаточно крупные суммы, сопоставимые с прибылью от продаж, и расшифровки их, как правило, недоступны): $k_{\text{OthInc}} = 1,0$.

- Запасы изменяются под влиянием двух факторов:

- пополнение непроданных товаров из-за инертности производства; коэффициент реагирования производства $k_p = 1$ для инерционных производств с прежней производственной программой, $k_p = 0$ для организаций с быстрой перестройкой закупок / производства / продаж;

- сокращение срока оборачиваемости.

- Изменение дебиторской задолженности может проходить в «шоковом» состоянии (т. е. она приходит в резко уменьшенном объеме): у покупателей тоже отмечается падение продаж и поступления денежных средств. В данной работе рассмотрен сценарий «умеренного» шока – дебиторская задолженность уменьшается пропорционально выручке.

- Погашение кредиторской задолженности перед контрагентами по оплате затрат производится пропорционально затратам.



• Кратко- и долгосрочные кредиты не погашаются (для упрощения объединим их), или $k_D = 1,0$. Это важное предположение, так как банки должны (могут) потребовать досрочного погашения кредитов при нарушении банковских ковенантов.

• Инвестиционная программа выполняется в сокращенном варианте с коэффициентом k_{FA} (в варианте без изменения $k_{FA} = 1$).

В «шоковом» сценарии резко изменяются параметры внешней среды, и организация не успевает изменить параметры и бизнес-процессы внутреннего управления и вынуждена соответствовать критериям стресс-теста без возможности внутреннего изменения.

В данной работе рассматривается сценарий падения выручки в течение анализируемого периода. На практике могут быть более сложные сценарии: уменьшение выручки, но вслед за этим и сокращение затрат, а также оптимизация активов. Более того, на многих предприятиях к концу года завершается производство и отгрузка продукции, и годовая финансовая отчетность «не замечает» внутригодового роста оборотных активов (запасов, авансов выданных, задолженности покупателей). В ситуации падения выручки эти оборотные активы «замораживаются», и последствия являются более серьезными.

5. МОДЕЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ «НЕРИСКОВОГО» РАЗВИТИЯ

Система уравнений (1)–(5) с учетом сценарных параметров стресс-тестирования будет иметь следующий вид.

Изменение нераспределенной прибыли описывается уравнением

$$Pr_C = (k_S S(1 - k_v v) - k_{FA} FC - k_D r_D D) \times (1 - r_t)(1 - r_u), \quad (6)$$

где k_S – коэффициент изменения выручки; k_v – коэффициент изменения удельных переменных затрат; k_{FC} – коэффициент изменения постоянных затрат; k_D – коэффициент изменения процентов по кредитам; S – индекс стресс-теста.

Прирост активов (внеоборотных и оборотных) определяется инвестициями.

Запасы учитываются по фактическим затратам, состояние запасов на конец $t-1$ -го периода описывается уравнением

$$\begin{aligned} Inv_{t-1} &= l_{Inv} TC_{t-1}, \\ VC &= v S, \\ TC &= VC + FC = v S + FC, \end{aligned}$$

где Inv – запасы (*Inventory*); l_{Inv} – срок оборачиваемости запасов; TC – полные затраты (без процентов по кредитам); VC – условно-переменные затраты.

Состояние запасов на конец t -го периода с учетом затоваривания описывается уравнением

$$Inv_t = k_{Inv} l_{Inv} TC_t - k_p (TC_t - TC_{t-1}),$$

где k_{Inv} – коэффициент изменения запасов; k_p – коэффициент реагирования производства.

Инвестиции в запасы (компонент оборотного капитала) описываются уравнением

$$\Delta Inv_C = Inv_t - Inv_{t-1} = k_{Inv} l_{Inv} TC_t - l_{Inv} TC_{t-1} - k_p (TC_t - TC_{t-1}). \quad (7)$$

Для инерционного производства $k_p = 1$, при $k_{Inv} = 1$ получаем $\Delta Inv_C = Inv_t - Inv_{t-1} = (l_{Inv} - 1) \times (TC_t - TC_{t-1})$.

Дебиторская задолженность на конец периодов $t-1$ и t описывается уравнениями

$$AR_{t-1} = l_{AR} S_{t-1},$$

$$AR_t = k_{AR} l_{AR} S_t,$$

где AR – дебиторская задолженность (*Accounts Receivable*); k_{AR} – коэффициент изменения дебиторской задолженности; l_{AR} – срок оборачиваемости дебиторской задолженности.

Инвестиции в дебиторскую задолженность (компонент оборотного капитала) описываются уравнением

$$\begin{aligned} \Delta AR_C &= k_{AR} l_{AR} S_t - l_{AR} S_{t-1} = \\ &= l_{AR} (k_{AR} S_t - S_{t-1}). \end{aligned} \quad (8)$$

Кредиторская задолженность на конец периодов $t-1$ и t описывается уравнениями

$$AP_{t-1} = l_{AP} TC_{t-1},$$

$$AP_t = k_{AP} l_{AP} TC_t,$$

где AP – кредиторская задолженность (*Accounts Payable*); k_{AP} – коэффициент изменения кредиторской задолженности; l_{AP} – срок оборачиваемости кредиторской задолженности.

Инвестиции в кредиторскую задолженность (компонент оборотного капитала) описываются уравнением

$$\begin{aligned} \Delta AP_C &= k_{AP} l_{AP} TC_t - l_{AP} TC_{t-1} = \\ &= l_{AP} (k_{AP} TC_t - TC_{t-1}). \end{aligned} \quad (9)$$

Изменение оборотного капитала описывается уравнением

$$\begin{aligned} \Delta WC_C &= l_{Inv} (k_{Inv} TC_t - TC_{t-1}) - k_p (TC_t - TC_{t-1}) + \\ &+ l_{AR} (k_{AR} S_t - S_{t-1}) - l_{AP} (k_{AP} TC_t - TC_{t-1}), \end{aligned}$$

или

$$\Delta WC_C = (k_{AR} l_{AR} S_t - l_{AR} S_{t-1}) + \\ + (k_{Inv} l_{Inv} - k_{AP} l_{AP} - k_p) TC_t - \\ - (l_{Inv} - l_{AP} - k_p) TC_{t-1}. \quad (10)$$

Инвестиционная программа выполняется с коэффициентом k_{FA} (в варианте без изменения $k_{FA} = 1$):

$$\Delta FA_C = k_{FA} n_{FA} FA_{t-1},$$

где k_{FA} – коэффициент изменения инвестиций во внеоборотные активы.

Инвестиции во внеоборотные и оборотные активы за вычетом кредиторской задолженности равны

$$I_C = k_{FA} n_{FA} FA_{t-1} + (k_{AR} l_{AR} S_t - l_{AR} S_{t-1}) + \\ + (k_{Inv} l_{Inv} - k_{AP} l_{AP} - k_p) TC_t - \\ - (l_{Inv} - l_{AP} - k_p) TC_{t-1}. \quad (11)$$

Изменение задолженности по кредитам описывается уравнением

$$\Delta D_C = (k_D - 1) D_{t-1}, \quad (12)$$

где k_D – доля непогашенных кредитов.

Обозначим для краткости $r_{tu} = (1 - r_t)(1 - r_u)$, $l_{TC1} = (l_{Inv} - l_{AP} - k_p)$, $l_{TC} = (k_{Inv} l_{Inv} - k_{AP} l_{AP} - k_p)$.

Условие неотрицательности остатка денежных средств $Cash_t$ с учетом формул (5)–(12) имеет вид

$$Cash_t = Cash_{t-1} + (k_D - 1) D_{t-1} - \\ - k_{FA} n_{FA} FA_{t-1} + (S_t (1 - k_v v) - k_{FC} FC_t - k_D r_D D_{t-1}) r_{tu} - \\ - [(k_{AR} l_{AR} S_t - l_{AR} S_{t-1}) + l_{TC} (k_v v S_t + FC_t) - l_{TC1} TC_{t-1}] \geq 0,$$

или

$$Cash_t = Cash_{t-1} + (k_D - 1) D_{t-1} - k_{FA} n_{FA} FA_{t-1} + \\ + S_t [(1 - k_v v) r_{tu} - k_{AR} l_{AR} - l_{TC} k_v v] - \\ - (k_{FC} FC_t + k_D r_D D_{t-1}) r_{tu} - \\ - l_{TC} FC_t + l_{AR} S_{t-1} + l_{TC1} TC_{t-1} \geq 0.$$

Модель финансового прогнозирования позволяет решать обратную задачу в аналитическом виде: определить предельные значения сценарных параметров эффективности, еще обеспечивающих выполнение условий стресс-теста.

Для однофакторного теста предельное изменение выручки для условия $Cash_t = 0$ с учетом $S_t = k_S S_{t-1}$ составляет

$$k_S^{\pi} = - \frac{Z}{S_{t-1} [(1 - k_v v) r_{tu} - k_{AR} l_{AR} - l_{TC} k_v v]}, \\ Z = Cash_{t-1} + (k_D - 1) D_{t-1} - k_{FA} n_{FA} FA_{t-1} - \\ - (k_{FC} FC_t + k_D r_D D_{t-1}) r_{tu} - l_{TC} FC_t + l_{AR} S_{t-1} + l_{TC1} TC_{t-1},$$

где «д» – индекс бездефицитности.

Комплекс параметров $Cash_{t-1} + (k_D - 1) D_{t-1} - k_{FA} n_{FA} FA_{t-1}$ учитывает переходящий остаток денежных средств, погашение долга и чистые инвестиции во внеоборотные активы. Комплекс параметров $(1 - k_v v) r_{tu} - k_{AR} l_{AR} - l_{TC} k_v v$ показывает влияние выручки на остатки денежных средств через переменные затраты и переменную часть инвестиций.

6. ПРИМЕР РАСЧЕТА ДЛЯ ОДНОГО СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В качестве иллюстрирующего примера выполнены «кабинетные» расчеты для ведущего машиностроительного предприятия России с помощью имитационной модели прогнозирования финансовой отчетности. Рассмотрена одна из системообразующих организаций автомобильной промышленности¹⁴ (ИНН 6320002223). Данные для расчета получены из открытых источников информации за 2012–2018 гг. из Росстата¹⁵, за 2019–2020 гг. – из Федеральной налоговой службы¹⁶ (ФНС).

Для расчетов используем имитационную модель, формульная модель несколько упрощена для сокращения количества параметров. Для прогнозирования прибыли в качестве переменной части расходов будем рассматривать себестоимость продаж. Управленческие и коммерческие расходы, а также сальдо прочих доходов и расходов будем считать условно-постоянными расходами. Для рассматриваемого предприятия выгрузка по отчету о финансовых результатах приведена в столбце «Факт» в таблице. Расчет за очередной год (2020 г.) проведен по исходным данным предыдущего года (2019 г.). Укрупненный прогноз финансовой отчетности и денежного потока представлен таблице. В верхней части показан прогноз доходов/расходов, в нижней – активов и пассивов; в первом столбце – наименования статей, во втором – фактическая информация согласно представленной отчетности; в третьем столбце – изменение параметров эффективности по стресс-тесту; в четвертом столбце – расчет статей при изменении эффективности; пятый столбец – оценка вклада статьи в денежные потоки.

Дадим комментарии по некоторым статьям. В сценарии стресс-теста рассматривается уменьшение выручки на заданный процент. Изменения других параметров эффективности в части доходов/расходов нет. Результат – практически бездефицитность, переходящий остаток денежных средств уменьшается до нуля отрицательным денежным потоком.

¹⁴ URL: <https://www.rusprofile.ru/accounting?ogrn=1026301983113> (дата обращения 14.08.2021).

¹⁵ URL: <https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-7708234640bdo2018> (дата обращения 20.05.2021).

¹⁶ URL: <https://bo.nalog.ru/> (дата обращения 20.05.2021).



Прогноз показателей финансовой отчетности при стресс-тесте, млн руб.

Статьи доходов/расходов	Факт 2019 г.	Изменение, %	Прогноз при стресс-тесте	Увеличение прибыли
Выручка	292 010	-22,2	227 165	-4 543
Себестоимость проданных товаров (Ф.2)	-271 533	-	-211 251	0
Административные, коммерческие расходы	-16 353	-	-16 353	0
Сальдо процентов по кредиту	-5 306	-	-5 306	0
Прочие доходы/расходы	-481	-	-481	0
Налог на прибыль	-423	-	0	423
Чистая прибыль	385	-	-3 734	-4 120
Нераспределенная прибыль	385	-	-3 734	-4 120
Статьи активов/пассивов	Факт 2019 г.	Изменение, %	Прогноз баланса	Увеличение денежных средств
Внеоборотные активы	93 704	0,0	93 704	0
Запасы	15 316	-22,2	11 915	3 401
Дебиторская задолженность покупателей	19 179	-22,2	14 920	4 259
Прочие оборотные активы	344	-	344	0
Денежные средства, краткосрочные финансовые вложения	5 253	-100,0	0	5 253
Кредиторская задолженность	41 335	-22,2	32 156	-9 179
Прочие текущие пассивы	5 465	-	5 465	0
Кредиты долгосрочные	81 350	-	81 350	0
Кредиты краткосрочные	4 876	-	4 876	0
Условный капитал	55 750	-	55 750	0
Нераспределенная прибыль	-143 636	-	-147 370	-3 734
Прочие статьи собственного капитала	88 659	-	88 659	0
Итого убыток (+)/дефицит (-) финансирования	0	-	0	0

Уменьшение выручки, при котором обнуляются остатки денежных средств, в однофакторном стресс-тесте без изменения эффективности составляет $k_s^{\Delta} = 22,2\%$. Дополнительно укажем, что предельное значение падения выручки для безубыточности составляет около $\Delta S_{\text{бу}} = -4,0\%$. Предприятие чувствительно по критерию прибыли к падению выручки и не так сильно чувствительно по критерию остатка денежных средств в «шоковом» сценарии стресс-теста. Отметим, что большую часть отрицательного денежного потока в данном примере составляют убытки от операционной деятельности. Если компания успеет принять управленческие решения о сокращении затрат, приостановке инвестиций и уменьшении запасов, то результаты стресс-теста на один год будут мало зависеть от изменения выручки.

7. УПРАВЛЕНИЕ: РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЕНСИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Данный раздел не является частью процедуры собственно стресс-тестирования, однако в большинстве случаев стресс-тестирование проводится для понимания глубины проблем бизнеса и разработки компенсирующих мероприятий.

Общие направления повышения эффективности («система заблаговременной подготовки») практи-

чески общеизвестны и могут осуществляться уже при получении слабых сигналов о приближении кризисной ситуации. Как правило, при наступлении кризиса компенсирующие мероприятия применяются в ускоренном режиме, часть из них будет запаздывать и обладать малой полезностью, также могут применяться меры «хирургического» воздействия. Перечень возможных мероприятий и практика их применения (не претендуя на полноту) отражены в работах [19–22]. В целом рост финансового результата и денежного потока обеспечивается с помощью комплекса мероприятий:

- увеличение продаж (критерий – дополнительная (маржинальная) прибыль),
- сокращение технологических затрат,
- уменьшение цен на закупки,
- сокращение накладных затрат,
- сокращение финансово-производственного цикла,
- оптимизация инвестиционной программы,
- оптимизация ассортимента, включая структурные изменения по долям продукции и условиям финансирования.

Методы формирования и выбора перспективных проектов повышения эффективности описаны

в работах [23, 24]. Имитационной моделью, которая может помочь организациям в моделировании мероприятий поддержки, является система «ТЭО Инвест» [25]. В работе [26] рассмотрен перечень энергосберегающих технологий, позволяющих повлиять на сокращение затрат.

Опыт успешной реализации программ инновационного развития показывает, что за календарный год возможно дополнительно увеличить выручку на 20 %, сократить удельные расходы до 10 % и сроки оборачиваемости до 20 %. Отметим, что на многих предприятиях «знают» про направления повышения эффективности, но реализуют их не в полном объеме, особенно методы управления оборотным и основным капиталом и рисками, сосредоточившись на критерии прибыли.

Выработка сценариев стресс-тестов позволяет сконцентрироваться прежде всего на направлениях изменений, имеющих наибольшее влияние на целевые критерии и потенциал изменений.

По факту деятельности за 2020 г. падение выручки рассматриваемого предприятия составило 12,0 %, с 292 до 257 млрд руб. Данный показатель меньше значения, полученного при однофакторном стресс-тестировании. Был реализован комплекс мероприятий по улучшению экономического состояния. В частности:

- себестоимость проданных товаров уменьшилась на 13,1 % к значению базового года; доля переменных расходов не осталась неизменной, а уменьшилась на 1,1 % от выручки;

- административные, коммерческие расходы уменьшились на 12,9 %;

- отрицательное сальдо (разница) прочих доходов и расходов увеличилось в 7,5 раз;

- сальдо процентов по кредитам уменьшилось на 13,7 %.

Итого, нераспределенная прибыль составила 0,3 % от выручки.

Более значительные изменения произошли в активах и пассивах:

- запасы увеличились на 1,8 млрд руб., срок оборачиваемости запасов вырос с 20 до 26 дней;

- дебиторская задолженность увеличилась на 18,2 млрд руб., срок оборачиваемости дебиторской задолженности увеличился с 24 до 52 дней;

- внеоборотные активы увеличились на 9,7 млрд руб.; в кризисный год предприятие реализовало инвестиционную программу;

- кредиторская задолженность увеличилась на 30,1 млрд руб., срок ее оборачиваемости увеличился с 55 до 109 дней;

- кредиты увеличились на 41,4 млрд руб.

- остатки денежных средств увеличились на 42,8 млрд руб.

Увеличение кредитов близко к изменению остатка денежных средств. Увеличение кредиторской задолженности близко к росту дебиторской задолженности, запасов и инвестиций во внеоборотные активы. Предприятие смогло успешно функционировать в кризисном 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе поставлена задача разработки подхода к стресс-тестированию нефинансовых организаций. Предложена модель стресс-тестирования в аналитическом виде, на основе финансового прогнозирования. Рассмотрена и решена обратная задача по определению «критического» изменения выручки для достижения бездефицитности организации (при постоянстве других параметров).

Рассмотрены сценарии стресс-тестирования с учетом особенностей промышленного предприятия.

Проведены расчеты по данным финансовой отчетности одного из ведущих предприятий страны, которые показывают, что «запас прочности» по падению выручки составляет менее 10 % и может быть признан критичным.

Применение процедур стресс-тестирования для нефинансовых организаций целесообразно для понимания запаса прочности компании, стратегических рисков бизнеса и, соответственно, разработки комплекса компенсирующих мероприятий для обеспечения устойчивости финансово-экономического состояния компании.

Отметим, что в представленной статье предложен метод определения одного параметра и оценки его изменения, необходимого для обеспечения неотрицательности прогнозируемого остатка денежных средств предприятия.

Однако изменение только одного параметра является частным случаем изменения нескольких параметров управления. Поэтому актуальна задача определения комбинаций нескольких параметров, относительно небольшие изменения которых будут в совокупности давать аналогичный результат. Такая задача может быть решена с привлечением концепции критических комбинаций событий в последующих работах.

Приведенный анализ фактических изменений показывает, что однофакторный стресс-тест является началом исследований допустимых параметров и их изменений. Предложенная модель может быть использована для анализа последствий эко-



номических кризисов, в частности кризиса, вызванного эпидемией COVID-19.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zmijewski, M.E. Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models // Journal of Accounting Research. – 1984. – No. 22. – P. 59–82.
2. Altman, E.I., Resti A., Sironi A. Analyzing and explaining default recovery rates. A report submitted to International Swaps and Derivatives Dealers' Association. – London, 2001.
3. Nehrebecka, N. COVID-19: stress-testing non-financial companies: a macroprudential perspective. The experience of Poland // Eurasian Economic Review. 2021. – Vol. 11. – P. 283–319.
4. Greene, J.R., Krouskos, S., Hood, J., et al. The Stress Test Every Business Needs: A Capital Agenda for Confidently Facing Digital Disruption, Difficult Investors, Recessions and Geopolitical Threats. – Wiley, 2018.
5. Кораблева И. Измерение риска дефолта частных российских фирм с помощью модели Moody'sAnalyticsRiskCalc // Риск-менеджмент. – 2011. – № 3 (189). – С. 54–55. [Korabljeva, I. Izmerenie riska defolta chastnyh rossijskih firm s pomoshh'ju modeli Moody'sAnalyticsRiskCalc // Risk-menedzhment. – 2011. – No. 3 (189). – S. 54–55. (In Russian)]
6. Ooghe, H., Balcaen, S., Camerlynck, J. The Ooghe-Joos-De Vos Failure Prediction Models: A Cross-Industry Validation // Brussels economic review. – 2003 – Vol. 46 – No. 1. – P. 39–70.
7. Андриевская И.К. Стресс – тестирование: обзор методологий // Управление в кредитной организации. – 2007. – № 5. – С. 88. [Andrievskaya, I.K., Stress Testing: A Survey of Methodologies // Upravlenie v kreditnoi organizatsii. – 2007. – No. 5. – S. 88 (In Russian)]
8. Сальников В.А., Могилат А.Н., Маслов И.Ю. Стресс-тестирование компаний реального сектора для России: первый подход (методологические аспекты) // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2012. – No. 4(16). – С. 46–70. – <http://www.econorus.org/repec/journal/2012-16-46-70r.pdf>. [Sal'nikov, V.A., Mogilat, A.N., Maslov, I.Ju. Stress-testirovanie kompanij real'nogo sektora dlja Rossii: pervyj podhod (metodologicheskie aspekty) // Zhurnal Novoj ekonomicheskoy associacii. – 2012. – No. 4(16). – S. 46–70. (In Russian)]
9. Помазанов М.В., Колоколова О.В. Разработка формулы вероятности банкротства компании на базе показателей бухгалтерской отчетности // Оперативное управление и стратегический менеджмент в коммерческом банке. – 2004. – № 6. [Potazanov, M.V., Kolokolova, O.V. Razrabotka formuly veroyatnosti bankrotstva kompanii na baze pokazatelej buhgalterskoj otchetnosti // Operativnoe upravlenie i strategicheskij menedzhment v kommercheskom banke. – 2004. – No. 6. (In Russian)]
10. Коссова Т.В., Коссова Е.В. Оценка кредитного риска компаний российского корпоративного сектора на основе прогнозирования вероятности дефолта по обязательствам. // Проблемы анализа риска. – 2011. – Т. 8, № 2. – С. 68–78. [Kossova, T.V., Kossova, E.V. Ocenka kreditnogo riska kompanij rossijskogo korporativnogo sektora na osnove prognozirovaniya veroyatnosti defolta po obyazatel'stvam // Problemy analiza riska. – 2011. – Vol. 8, no. 2. – S. 68–78. (In Russian)]
11. Евстропов М.В. Оценка возможностей прогнозирования банкротства предприятий в России // Оренбург: Вестник ОГУ. – 2008. – № 85. – С. 25–32. [Evstropov, M.V. Ocenka vozmozhnostej prognozirovaniya bankrotstva predpriyatij v Rossii // Orenburg: Vestnik OGU. – 2008. – No. 5. – S. 25–32. (In Russian)]
12. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов: 7-е издание: Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2017. – 1008 с. [Brealey, R.A., Myers, S.C. Principles of Corporate Finance, 7th Edition. – Irwin: McGraw-Hill, 2003. – 1120 p.]
13. Богомолов А.С. Предотвращение аварийных комбинаций событий при управлении человеко-машинными системами // Изв. Сарат. ун-та. Нов.сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2019. – Т. 19, вып. 2. – С. 196–206. [Bogomolov, A.S. Predotvrashhenie avarijnyh kombinacij sobytij pri upravlenii cheloveko-mashinnymi sistemami // Izv. Sarat. un-ta. Nov. ser. Ser. Matematika. Mehanika. Informatika. – 2019. – Vol. 19, vyp. 2. – S. 196–206. (In Russian)]
14. Богомолов А.С., Иващенко В.А., Кушников В.А. и др. Моделирующий комплекс для анализа неблагоприятных сочетаний событий в авиационных транспортных системах // Проблемы управления. – 2018. – № 1. – С. 74–79. [Bogomolov, A.S., Ivashchenko, V.A., Kushnikov, V.A., et al. Modeling Complex for Critical Events Combinations Analysis in Aviation Transport Systems // Control Sciences. – 2018. – No. 1. – P. 74–79. (In Russian)]
15. Резчиков А.Ф., Богомолов А.С. Проблема предотвращения развития аварийных комбинаций событий в крупномасштабных системах // В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем. MLSD'2019. Материалы двенадцатой международной конференции. – Москва, 2019. – С. 1066–1069. [Rezchikov, A.F., Bogomolov, A.S. Problema predotvrashhenija razvitiya avarijnyh kombinacij sobytij v krupnomasshtabnyh sistemah // V sbornike: Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem. MLSD'2019. Materialy dvenadcatoy mezhdunarodnoj konferencii. – Moskva, 2019. – S. 1066–1069. (In Russian)]
16. Самсоненко Ф.А., Хамидуллин Ф.Ф. Стресс-тестирование: краткий обзор методов // Вестник ТИСБИ. – 2017. – № 2. – С. 186–190. [Samsonenko, F.A., Hamidullin, F.F. Stress-testirovanie: kratkij obzor metodov // Vestnik TISBI. – 2017. – No. 2. – S. 186–190. (In Russian)]
17. Лукьяненко И.Г. Методы стресс-тестирования финансовой устойчивости предприятий Украины // Бизнес Информ. – 2013. – № 11. – С. 57–64. [Luk'janenko, I.G. Metody stress-testirovaniya finansovoj ustojchivosti predpriyatij Ukrainy // Biznes Inform. – 2013. – No. 11. – S. 57–64. (In Russian)]
18. Дранко О.И. Модель финансового прогнозирования и сценарии внутренних инвестиций // Проблемы управления. – 2007. – № 1. – С. 37–40. [Dranko, O.I. A Financial Prediction Model and Home Investment Scenarios // Control Sciences. – 2007. – No. 1. – P. 37–40. (In Russian)]
19. Ириков В.А., Новиков Д.А., Тренёв В.Н. Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 220 с. [Irikov, V.A., Novikov, D.A., Trenjov, V.N. Celostnaja sistema gosudarstvenno-chastnogo upravlenija innovacionnym razvitiem kak sredstvo udvoenija tempov vyhoda Rossii iz krizisa i postkrizisnogo rosta. – M.: IPU RAN, 2009. – 220 s. (In Russian)]
20. Балашов В.Г., Ириков В.А., Иванова С.И. Рост и прорыв в лидеры: практикум по преодолению кризиса. – М: Дело, 2009. – 335 с. [Balashov, V.G., Irikov, V.A., Ivanova, S.I. Rost i

- proryv v lidery: praktikum po preodoleniju krizisa. – M: Delo, 2009. – 335 s. (In Russian)]
21. *Логиновский О.В., Голлай А.В., Дранко, О.И.* и др. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография. – М: ИНФРА-М, 2020. – 450 с. [Loginovskij, O.V., Gollaj, A.V., Dranko, O.I., et al. Jeffektivnoe pravlenie organizacionnymi i proizvodstvennymi strukturami: monografija. – M.: INFRA-M, 2020. – 450 s. (In Russian)]
22. *Голов О.Е., Ириков В.А.* Инструменты и примеры повышения результативности и эффективности управления согласованным развитием региона и отраслей. – Уфа: Изд-во «Белая река», 2015. – 137 с. [Golov, O.E., Irikov, V.A. Instrumenty i primery povyshenija rezul'tativnosti i jeffektivnosti upravlenija soglasovannym razvitiem regiona i otraslej. – Ufa: Izd-vo «Belaj areka», 2015. – 137 s. (In Russian)]
23. *Дранко О.И., Отарашвили З.А., Сушков Д.В.* Формирование программы инновационного развития: управление стоимостью // Проблемы управления. – 2012. – № 6. – С. 26–31. [Dranko, O.I., Otashvili, Z.A., Sushkov, D.V. Cost Management under Program of Innovations // Control Sciences. – 2012. – No. 6. – P. 26–31. (In Russian)]
24. *Буркова И.В., Россихина Л.В., Мещерякова Т.В., Бурков В.Н.* Информационные технологии разработки систем управления развитием // Автоматика и телемеханика. – 2018. – № 10. – С. 95–105. [Burkova, I.V., Rossihina, L.V., Meshherjakova, T.V., Burkov, V.N. Information Technologies for Development Management Systems // Automation and Remote Control. – 2018. – Vol. 79, iss. 10. – S. 1813–1822.]
25. *Акинфиев В.К., Цвиркун А.Д.* Методы и инструментальные средства управления развитием компаний со сложной структурой активов. – М.: ИПУ РАН, 2020. – 307 с. [Akinfiev, V.K., Cvirkun, A.D. Metody i instrumental'nye sredstva upravlenija razvitiem kompanij so slozhnoj strukturoj aktivov. – M.: IPU RAN, 2020. – 307 s. (In Russian)]
26. *Burkov, V., Burkova, I., Averina, T., Perevalova, O.* Integrated Technology for Creating a Development Management Systems in the Field of Energy Saving // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. – Vol. 1258. – S. 588–600.
- Статья представлена к публикации членом редколлегии В.В. Клочковым.*
- Поступила в редакцию 11.06.2021,
после доработки 25.10.2021.
Принята к публикации 25.10.2021.*
- Богомолов Алексей Сергеевич** – д-р техн. наук, Институт проблем точной механики и управления РАН, г. Саратов; Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, ✉ bogomolov@iptmuran.ru,
- Дворяшина Марина Михайловна** – канд. экон. наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ✉ dvoryashina@gmail.com,
- Дранко Олег Иванович** – д-р техн. наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ✉ olegdranko@gmail.com,
- Кушников Вадим Алексеевич** – д-р техн. наук, Институт проблем точной механики и управления РАН, г. Саратов, ✉ kushnikoff@yandex.ru,
- Резчиков Александр Федорович** – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ✉ rw4cy@mail.ru.



STRESS TESTING OF NONFINANCIAL ORGANIZATIONS: AN ANALYTICAL APPROACH TO SOLVING THE REVERSE PROBLEM

A.S. Bogomolov^{1,2}, M.M. Dvoryashina³, O.I. Dranko³, V.A. Kushnikov¹, and A.F. Rezchikov³

¹Institute for Problems of Precision Mechanics and Control, Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

²Saratov State University, Saratov, Russia

³Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ bogomolov@iptmuran.ru, ✉ dvoryashina@gmail.com, ✉ olegdranko@gmail.com,
✉ kushnikoff@yandex.ru, ✉ rw4cy@mail.ru

Abstract. This paper considers an approach to stress testing of nonfinancial organizations. It includes the problem statement and a methodology for solving the reverse problem. The mathematical model is based on open-source data (the financial statements of companies). The relevance of this approach is increasing due to different-nature crises (economic crisis, the COVID-19 pandemic, etc.). The resilience of companies (especially “backbone” ones) to shock situations is tested, and preventive management measures are developed. The direct problem statement involves determining the company’s financial model parameters that ensure a nonnegative level of cash balance in the forecast period. The reverse problem is to find the characteristics of the financial and economic state of the enterprise that correspond to different critical combinations of its financial result parameters. We develop an original stress-testing methodology that significantly reduces the labor intensity and computational complexity compared to stress-testing technologies for financial institutions. A new analytical model is used. The model results are illustrated by an example: stress testing of a backbone enterprise in the real economy sector, which was significantly affected by restrictive measures in the COVID-19 pandemic. Model calculations employ open data from the organization’s financial statements.

Keywords: stress testing, critical combinations of parameters, risk management, financial forecasting, modeling, reverse problem, cash flow, operational efficiency, COVID-19.