

# Модель стратегического развития машиностроительного предприятия

О. И. Дранко

Институт проблем управления  
РАН  
olegdranko@gmail.com

А. Ф. Резчиков

Институт проблем управления  
РАН  
rw4cy@mail.ru

В. А. Кушников

Саратовский научный центр РАН  
kushnikoff@yandex.ru

А. С. Богомолов

Саратовский научный центр РАН  
alexbogomolov@yandex.ru

И. А. Степановская

Институт проблем управления  
РАН  
irstepan@ipu.ru

**Аннотация.** Рассматривается проблема разработки расчетного математического аппарата, ориентированного на цифровое стратегическое планирование и управление финансово-экономическим ростом машиностроительных предприятий в современных условиях нестабильного плохо предсказуемого инновационного развития мировой цифровой экономики.

**Ключевые слова:** управление; моделирование; прогнозирование; стратегическое планирование; цифровая экономика; машиностроение; финансовое состояние предприятия

## I. ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие экономики в условиях цифровизации характеризуется быстрой и плохо предсказуемой сменой технологических трендов производства, острой рыночной конкуренцией и санкционными ограничениями. На этом фоне предприятия, являющиеся базовыми экономическими объектами страны, попадают в условия нестабильности, повышенных финансово-экономических рисков и потери конкурентоспособности. В такой ситуации необходимо разрабатывать стратегии оперативного ситуационного предпринимательства, поддерживающие готовность предприятий к инновациям и выходу на лидирующие рыночные позиции.

Одним из формализованных подходов к решению этой проблемы служит тестирование экономического объекта по модифицированной матрице Ансоффа [1, 2], описанной в табл. 1, 2. В табл. 1 приведены четыре типа тестируемых стратегий вывода продукта на рынки сбыта. Табл. 2 является сводной, представляющей с какими технологиями, продуктами и на какие рынки может выходить организация. Главным ее преимуществом является упорядоченность по уровню инновационной значимости.

Стратегия проникновения на рынок связывается с планированием роста продаж текущих продуктов текущей клиентской базе. Конкретными мероприятиями служат скидки, программы лояльности и другие мероприятия. Особенно активно эту стратегию применяют предприятия, занимающиеся продажей

товаров и услуг массового потребления, например, мобильные операторы.

ТАБЛИЦА I. СТРАТЕГИИ ЗАПУСКА ПРОДУКТА

	Существующие продукты	Новые продукты
Существующие рынки	1. Стратегия проникновения на рынок	3. Стратегия разработки продукта
Новые рынки	2. Стратегия развития	4. Стратегия диверсификации

ТАБЛИЦА II. ИННОВАЦИОННАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

		Существующий товар			Новый товар						
					Модификация			Инновация			
Существующий рынок	Целевой										
	Связанный										
Новый рынок	Несвязанный				Инновационная значимость						
	Целевой										
	Связанный										
	Несвязанный										
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	
		Технология									

Обозначения: I – существующая технология, II – новая связанная технология, III – новая несвязанная технология

Стратегия развития нацелена на поиск нового рынка для текущих продуктов или услуг. Пример области использования этой стратегии представляют телекоммуникационные компании. Стратегия разработки продукта предполагает поиск путей совершенствования товаров и услуг, которые уже пользуются спросом у потребителей. Она особенно популярна среди автомобилестроительных и IT-компаний. Стратегия диверсификации заключается в выводе новых инновационных продуктов или услуг на новые сегменты рынка. Ее используют энергетические компании, переходящие на производство возобновляемых источников энергии.

Машиностроение представляет собой феномен экономической системы чрезвычайно высокой важности и сложности системного подхода к технологическому развитию предприятий. Структурно оно охватывает 12 крупных отраслей, а также более 100 специализированных производств и подотраслей. На первый план выходят стратегии системных инноваций, обеспечивающих непрерывное расширение ассортимента выпускаемой продукции, повышение ее качества, освоение новых материалов и схем агрегатной сборки, выхода одновременного выхода на разные сегменты рынка. Масштабность всего комплекса исследований требует применения новейших концепций инновационного планирования. Одним из таких подходов является платформа «уникальных технологических компетенций» (УТК) [3]. Основной целью УТК является ускоренная разработка облика новых продуктов и технологий, обладающих характеристиками, недоступными оппонентам, способствующих достижению лидирующего положения на глобальных рынках и высоких темпов роста выручки. Предполагается, что новый продукт находится в прогнозных трендах развития глобальной экономики, требует привлечения специалистов из разных отраслей науки и техники, а также обладает возможностями для оформления патентов и ноу-хау. Особо важной характеристикой УТК, как системы проектирования нового продукта, является возможность формировать запросы на внешнюю научно-технологическую кооперацию в интересах создания внешних инноваций. Принципиальным требованием к УТК является формирование через обучение.

В мировой практике сложились разные направления развития УТК для машиностроительной отрасли [4–6]. Одно из них представлено технопарками, другое ИТ-технологиями. В России разработка УТК для машиностроительных предприятий становится решением многих стратегических проблем инновационного развития. К их числу относятся масштабное импортозамещение, повышение показателей инновационной активности, рост финансовых и экономических показателей компаний.

Финансово-экономическая специфика возникающих проблем ситуационного анализа, а также требования к реактивности их решений предопределяют целесообразность реализации платформы УТК в формате универсального информационно-аналитического комплекса, настраиваемого на модель машиностроительной компании. Такой подход в наибольшей степени упрощает реализацию распределенных открытых инноваций. Данная статья посвящена разработке вышеуказанных идей. Центральным решением является адаптация математической модели прогнозирования системной динамики финансового состояния предприятия на основе его финансовой отчетности за предыдущие периоды работы и анализе коэффициентов оборачиваемости. [7, 8]

## II. МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ниже представлена система уравнений, описывающая системную динамику развития предприятия.

Определение параметров эффективности по ретроспективным данным:

$$k_{CC} = C^{mp} / S$$

$$k_{CA} = (CA / S) \cdot T$$

$$k_{CL} = (CL / S) \cdot T$$

Определение прогнозных параметров эффективности, с учетом мягкого управления:

$$S^F = S + U_S$$

$$k_{CC}^F = k_{CC} + U_{CC}$$

$$k_{CA}^F = k_{CA} + U_{CA}$$

$$k_{CL}^F = k_{CL} + U_{CL}$$

$$U_S, U_{CC}, U_{CL}, U_{CA} \in U_1$$

Формирование прогнозной отчетности:

$$C^F = k_{CC}^F \cdot S^F$$

$$RE^F = S^F - C^F$$

$$CA^F = (k_{CA}^F \cdot S^F) / T$$

$$CL^F = (k_{CL}^F \cdot S^F) / T$$

$$FA^F = FA \cdot (1 - k_{am}) + U_{FA}$$

$$D^F = D + U_D$$

$$EQ^F = EQ + RE^F$$

$$U_{FA}, U_D \in U_2$$

Расчет потребности в дополнительном финансировании:

$$AFN^F = \max(0, (FA^F + CA^F) - (EQ^F + D^F + CL^F))$$

где  $S$  – объем продаж,  $C$  – затраты,  $FA$  – внеоборотные активы,  $CA$  – оборотные активы,  $EQ$  – собственный капитал,  $D$  – займы и кредиты,  $CL$  – текущие пассивы,  $k_{CC}$  – коэффициент удельных затрат,  $k_{CA}$  – срок оборачиваемости оборотных активов,  $k_{CL}$  – срок оборачиваемости текущих пассивов,  $k_{am}$  – коэффициент амортизации,  $AFN$  – потребность в дополнительном финансировании,  $U_i$  – управление по параметру  $i$ ,  $U$  – область допустимых значений параметров,  $T$  – длительность периода в днях,  $F$  – символ прогноза.

В процессе определения коэффициентов математической модели, осуществляющей их расчет, информационная система может перейти в состояние неустойчивости, когда даже незначительные изменения входных параметров модели приводят к существенным изменениям результатов расчета. Классические методы теории управления не позволяют точно определить состояния неустойчивости, так как описание объекта управления с помощью системы нелинейных дифференциальных уравнений является сложной задачей. К тому же, время, необходимое для решения этой системы, в общем случае не полиномиально зависит от её размерности.

Предложенная методика определения состояний неустойчивости, связана с применением математического аппарата критических сочетаний событий. Использование данной методики позволят значительно уменьшить временную сложность решаемой задачи для ряда наиболее распространенных режимов работы предприятия.

### III. АЛГОРИТМ ФИНАНСОВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Приведем алгоритм финансового прогнозирования.

Шаг 1. Формирование исходных данных.

Шаг 2. Расчет коэффициентов удельных затрат, сроков оборачиваемости оборотных активов и сроков оборачиваемости кредиторской задолженности.

Шаг 3. Прогноз объема продаж ОП<sup>F</sup>.

Шаг 4. Определение прогнозных значений коэффициентов в прогнозном периоде на основе модели ретроспективных данных и дополнительного управления. Дополнительное управление определяется комплексом мягких методов оценивания проектов развития.

Шаг 5. Прогноз агрегированной отчетности.

Шаг 6. Расчет потребности в дополнительном финансировании.

Шаг 7. Если  $AFN > 0$ , то финансовый план не реализуем. Необходимо оценить резервы предприятия по улучшению внутренней эффективности, происходит переход на Шаг 7.

Шаг 8. Формирование управляющих воздействий. Переход на шаг 3.

Предложенный алгоритм управления оборотным капиталом предполагает глубокий факторный анализ и поиск источников экономии в интересах стабильной прибыли компании. Наглядной иллюстрацией может служить рассматриваемый ниже пример разработки программы реформирования, финансового оздоровления и активного развития предприятия ОАО «Владимирский завод Электроприбор» [9]. Цель программы: в течение 18 месяцев увеличить объем реализации продукции не менее, чем на 80–100% при одновременном сокращении удельных затрат на 20% и сроков оборачиваемости в 1,5 раза. В рассматриваемом примере факторный анализ строится в контексте поиска источников финансовой экономии, достаточной для удовлетворения прогнозного спроса потребителей и возможности финансирования оборотных средств. Прогноз и фактический объем доходов и расходов приведен в табл. III.

В программе рост рынка намечается в 1,5 раза до 42,5 млн. руб. Маржинальная рентабельность составляет 80–120% по основным видам гражданской продукции, 10–30% по товарам народного потребления (мебель, и прочее). Ключевым источником экономии выбрано сокращение накладных расходов на 20% до 20,5 млн. руб. за полугодие, при котором итоговая оценка нераспределенной прибыли составит 0,7 млн. руб (предприятие станет прибыльным). Дополнительная возможность экономии – продажи неработающих активов, оцениваемой в 7 млн. руб поступлений. Ожидаемая высокая маржинальная рентабельность позволила запланировать наращивание объемов

производства для относительно небольших вложений в оборотный капитал. Программа предусматривает рост прочих оборотных активов, включая НДС по приобретенным ценностям на половину прироста продаж, т. е. на 25%. Общая оценка оборотных активов составит 137 млн. руб., всех активов – 304 млн. руб. Планировалось также получение аванса в 21,2 млн. руб. за счет предоплаты на 2 месяца по договорам. Величина пассивов без кредитов составляет 280,2 млн. руб., откуда следует необходимый размер 24,2 млн. руб. кредитов или всего 0,3 млн. руб. дополнительных кредитов.

Прогноз и результаты баланса приведены в таблице IV. Объемы продаж выросли больше планируемых. Это основной фактор, обеспечивающий успех при финансовом оздоровлении. Фактически предприятие обошлось без дополнительных кредитов за счет сокращения дебиторской задолженности и незавершенного производства (оптимизации управления заказами). В результате 18 месяцев работ достигнуты следующие результаты.

Объем годовых продаж увеличен в 3,3 раза, при снижении затрат на 40% и снижении срока оборачиваемости в 2,5 раза. Предприятие вышло на безубыточность в 4 квартале (на 2 квартала ранее ожидавшегося срока). Рост объемов производства на 10% в мес. в среднем за каждый из 12 мес., объемов поступлений – на 9% в мес., средней зарплаты – на 4% в мес. Точность планирования движения денежных средств составила до 15% в мес. Сокращение платежей на ПКИ и материалы составило до 5–8% от заявляемых сумм. Общий эффект – до 1 млн.руб. в мес.

ТАБЛИЦА III. Прогноз Доходов и Расходов

Наименования позиций	1-е полугодие, факт	2-е полугодие, прогноз	2-е полугодие, факт
Выручка	28,3	42,5	48,5
Себестоимость	-39,8	-41,7	-45,8
- Переменные затраты	-14,2	-21,2	-24,2
- Постоянные затраты	-25,6	-20,5	-21,6
Нераспределенная прибыль (убыток)	-11,4	0,7	2,7

ТАБЛИЦА IV. Прогноз Баланса

Наименования позиций	на начало, факт	на конец, прогноз	на конец, факт
Внеоборотные активы	173,8	166,8	167,9
Оборотные активы	110,1	137,1	126,2
Запасы	45,5	62,4	54,9
- сырье, материалы	9,2	13,8	15,5
- затраты в незавершенном производстве	24,6	36,8	27,1
- готовая продукция	10,6	10,6	10,9
Дебиторская задолженность	25,2	25,2	19,8
Прочие оборотные активы	40,5	50,7	52,8
Итого активов	283,8	303,9	294,0
Итого капитал и резервы	123,3	124,0	121,5
Итого краткосрочные пассивы	160,6	179,5	172,5
Заемные средства	23,9	23,9	26,1

Наименования позиций	на начало, факт	на конец, прогноз	на конец, факт
Кредиторская задолженность	122,6	141,6	133,3
- поставщики и подрядчики	51,0	52,2	45,0
- по оплате труда	20,1	20,1	19,2
- по социальному страхованию и обеспечению и перед бюджетом	43,4	47,4	45,4
- авансы полученные	7,4	21,2	23,4
Прочие краткосрочные пассивы	14,6	14,6	13,5
Итого пассивов	283,8	303,6	294,0
Активы-Пассивы	0,0	0,3	0,0

#### IV. РОЛЬ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

Привлечение специалистов из разных областей науки и техники к формированию облика и функций новых продуктов и технологий машиностроения является ключевой, но малоизученной задачей. Хорошим методологическим заданием в этой области служит серия работ [10–13], посвященная использованию аппарата системно-динамического моделирования для изучения критических сочетаний событий. Модели системной динамики представляют собой гибкий инструмент для планирования и проведения имитационных экспериментов. Эти эксперименты позволяют наглядно продемонстрировать динамику протекания критических процессов, проявление узких мест в технических средствах, а также проанализировать эффективность возможных сценариев их предотвращения.

Формальный аппарат теории критических сочетаний событий в настоящее время достаточно хорошо развит, он был успешно использован авторами при управлении авиационными транспортными системами, моделировании показателей безопасности России, а также при управлении другими крупномасштабными системами. На этом пути открываются новые возможности для междисциплинарных исследований, которые позволяют обосновать необходимость инновационного проектирования и совершенствования инженерных конструкций, робототехнических систем и материалов. Системно-динамический подход может стать эффективным инструментом для массового внедрения инновационных продуктов и технологий, значительно сокращая сроки их разработки. Однако для разработки полноценного механизма необходима архитектурная реализация сервиса системно-динамического моделирования критических сочетаний событий в контексте тренажера, обучающей и обучаемой системы. Наиболее адекватным подходом к решению этой проблемы служит концепция мягких измерений [14, 15].

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрена проблема цифровизации стратегического планирования машиностроительных предприятий. Предложен подход к ее реализации в формате поисковой информационно-аналитической технологии. Особое внимание уделяется сочетанию методов расчетного прогнозирования финансового состояния предприятия с мягкими стратегиями диверсификации машиностроительного производства.

Основополагающим решением является интеграция модели динамики финансового состояния предприятия, включенного в процесс инновационного развития, в единый комплекс с инструментами следующих трех категорий, традиционно развиваемых в рамках разных научно-практических направлений: (1) модель стратегии диверсификации, (2) системно-динамическая модель обоснования выбора инновационного продукта, (3) концепция «уникальных технологических компетенций».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Шаламова Н.Г., Колосова Э.В. Развитие матрицы Ансоффа «Товар-рынок» и ее использование для генерации стратегических альтернатив // Вестник ГУУ. 2014. №14, С. 190-196.
- [2] Каширин А.И., Баранов Е.А., Каширин П.А. Диверсификация и уникальные технологические компетенции // Инновации 2019. № 1 (243), С. 18-25.
- [3] Chemezov S.V., Volobuev N.A., Koptev Yu.N., Kashirin A.I. Diversification, competencies, problems and tasks. New opportunities. Innovations, 2017. No. 4 (222), pp. 2–24.
- [4] Визиты в центры цифровых компетенций // <https://www.dtconsulting.ru/centres>
- [5] Chzhao, K. Resource approach to the management of high-tech mechanical engineering enterprises in the People's Republic of China. Russian Journal of Innovation Economics, 2021. Vol.11(3), pp.1119-1134.
- [6] Feng B., Sun K., Chen M., Gao T. The impact of core technological capabilities of high-tech industry on sustainable competitive advantage. // Sustainability 12:2980. doi: 10.3390/su12072980
- [7] Дранко О.И. Прогнозирование финансового состояния предприятия на базе финансовой отчетности // Управленческий учёт. 2010. № 3, с. 48–56.
- [8] Дранко О.И. Модель финансового прогнозирования и сценарии внутренних инвестиций // Проблемы управления, № 1. 2007. С. 37-40.
- [9] Бирюков С.Е., Хайниш С.В. От стратегии выживания к стратегии активного развития (практика реформирования и финансового оздоровления ОАО «Владимирский завод «Электроприбор»). Из опыта управленческого консультирования. М.: МНИИПУ, 2001. 196 с.
- [10] Новожилов Г.В., Резчиков А.Ф., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г., Кушников В.А., Богомолов А.С., Филимонюк Л.Ю., Шоломов К.И. Управление авиационно-транспортными системами на основе причинно-следственных деревьев событий // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2015. № 6. С. 13-17.
- [11] Цвиркун А.Д., Резчиков А.Ф., Дранко И.О., Кушников В.А., Богомолов А.С. Оптимизационно-имитационный подход к определению критических комбинаций параметров компаний // Автоматика и телемеханика. 2024. № 10. С. 53-64
- [12] Кушников В.А., Богомолов А.С., Ивашенко В.А., Селютин А.Д., Резчиков А.Ф., Кушникова Е.В., Марков А.И. Задача идентификации производственных ситуаций в системах управления производственными процессами авиаремонтного предприятия // Мехатроника, автоматизация, управление. 2023. Т. 24. № 9. С. 451-461.
- [13] Кушников В.А., Богомолов А.С., Адамович К.Ю. Математическое моделирование динамики показателей безопасности дорожно-транспортной системы региона России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2018. Т. 18. № 2. С. 240-248.
- [14] Прокопчина С.В. Принципы и технологии мягкого управления полисистемными средами в условиях значительной неопределенности // Управленческие науки. 2016. №1. С. 17-25.
- [15] Прокопчина С.В., Щербаков Г.А. Моделирование социально-экономических систем в условиях неопределенности: / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательский дом "Науч. б-ка". 2024. 407с.