

МЕТОДОЛОГИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СБЫТОВЫХ РИСКОВ В ИНВЕСТИЦИОННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Чегерова Татьяна Ивановна

доцент кафедры экономики и управления
учреждения образования «Могилевский государственный университет
имени А.А. Кулешова»; кандидат технических наук, доцент
(г. Могилев, Беларусь)

Аннотация. В статье рассматривается методология количественной оценки сбытовых рисков в долгосрочных инвестиционных проектах на основе стохастических подходов. Предложен трехуровневый анализ, включающий идентификацию факторов, вероятностную формализацию параметров и интеграцию в финансовую модель.

Ключевые слова. сбытовые риски, инвестиционное проектирование, стохастическое моделирование, метод Монте-Карло, анализ чувствительности, чистая приведённая стоимость (NPV), коэффициент покрытия долга (DSCR), диверсификация, хеджирование, управление ликвидностью, бизнес-план, экспортно-ориентированный проект.

В современных условиях реализация долгосрочных инвестиционных проектов требует перехода от детерминированных прогнозных моделей к стохастическим подходам, учитывающим вероятностную природу рыночной конъюнктуры. Для предприятий с высокой экспортной ориентацией, регуляторной зависимостью тарифов и волатильностью логистических цепочек устойчивость денежных потоков определяется не только производственной программой, но и степенью интеграции риск-менеджмента в финансовую модель бизнес-плана.

Сбытовой риск применительно к бизнес-планированию определяется как вероятность отклонения фактических объёмов реализации, цен или структуры спроса от плановых значений, что приводит к снижению маржинальности, нарушению графика обслуживания долга или отрицательному чистому дисконтированному доходу (ЧДД). Методология оценки включает три уровня анализа:

Идентификация факторов: ценовая эластичность, концентрация клиентской базы, логистическая уязвимость, валютные колебания, регуляторные барьеры.

Количественная формализация: перевод качественных параметров в стохастические переменные с заданными распределениями вероятностей.

Интеграция в финансовую модель: трансформация детерминированного денежного потока в вероятностный процесс с последующим расчётом риск-адаптированных показателей эффективности.

В качестве примера рассмотрен инвестиционный бизнес-план предприятия с горизонтом планирования 20 лет. Основным видом деятельности предприятия является производство электроэнергии на внутренний рынок, планирующего новый вид деятельности - производство кормов и кормовых добавок для сельского хозяйства (гранулы из люцерны и свекловичного жома) преимущественно на экспорт. В результате анализа определены ключевые факторы сбытового риска.

Регуляторный риск: тариф на электроэнергию для внутреннего рынка снижается с 0,41054 руб./кВт·ч (2026–2029 гг.) до 0,25929 руб./кВт·ч (с 2030 г.), что создаёт риск недополучения выручки в размере $\approx 40\%$ по данному сегменту.

Экспортная концентрация: доля экспортной выручки возрастает с 0% (2025 г.) до 82% (2030 г.), при этом 100% экспорта гранул осуществляется на условиях CIF (Cost, Insurance and Freight – «стоимость, страхование и фрахт»), что подвергает предприятие валютным рискам (USD/EUR) и рискам логистических сбоев.

Сырьевая зависимость: потребность в люцерне (до 94 890 т/год) и свекловичном жоме (141 750 т/год) зависит от сезонности сельскохозяйственного производства и погодных условий.

Важный принцип современной методологии - замена точечных прогнозов интервальными оценками и переход от статического анализа безубыточности к динамическому моделированию с учётом корреляционной структуры рыночных переменных. Для количественной оценки сбытовых рисков в бизнес-плане применяются математические методы, позволяющие измерить чувствительность, волатильность и вероятность неблагоприятных исходов.

Анализ чувствительности на основе частных производных. Базовый инструмент - расчёт частных производных целевых функций по ключевым сбытовым параметрам. Для чистого дисконтированного дохода (NPV):

$$\frac{\partial NPV}{\partial Q} = \sum_{t=1}^T \frac{(P_t - VC_t) \cdot (1 - T_{tax})}{(1 + r)^t}$$

где ∂Q – объем продаж, P_t – цена, VC_t – переменные издержки, T_{tax} – ставка налога на прибыль, r – ставка дисконтирования.

Для анализируемого бизнес-плана: чувствительность ЧДД (NPV) к изменению цены на гранулы из люцерны (экспорт, цена CIF = 0,925 долл./кг в базовом сценарии). При базовой ставке дисконтирования $r = 3,5\%$, горизонте $T=21$ год и маржинальной прибыли $(P-VC)=0,45$ долл./кг:

$$\frac{\partial NPV}{\partial Q} \approx \sum_{t=1}^{21} \frac{(0,45) \cdot (1 - 0,20)}{(1,035)^t} \cdot Q_t \approx 12,8$$

Таким образом, ЧДД проекта изменится на $\approx 12,8$ тыс. руб. при изменении объёма продаж на 1 т. Снижение экспорта люцерны на 10% (≈ 4700 т/год в пиковый период) приведёт к уменьшению ЧДД на ≈ 60 млн руб. в дисконтированной оценке, что составляет $\approx 5\%$ от базового ЧДД

(11 808 тыс. руб.). Ценовая эластичность спроса $\mathcal{E} = \frac{\partial Q/Q}{\partial P/P}$ позволя-

ет определить пороговые значения цены, при которых маржинальный доход компенсирует падение объёмов. Критический уровень снижения цены определяется из условия $NPV=0$ при заданном изменении ∂Q .

Для гранул из свекловичного жома (цена экспорта 0,488 долл./кг) при эластичности $\varepsilon = -1,2$ (оценка по данным импорта стран ЕС) критическое снижение цены, при котором проект сохраняет безубыточность, составляет не более 18% от базового уровня.

Вероятностные характеристики выручки. При наличии исторических данных или экспертных оценок выручка R моделируется как случайная величина с математическим ожиданием $E(R)$ и дисперсией σ_R^2 . Коэффициент вариации $CV_R = \frac{\sigma_R}{E(R)}$ является нормированным индикатором относительного риска.

Для анализируемого бизнес-плана»: на основе анализа волатильности цен на кормовые гранулы на рынке ЕС последние пять лет построено трёхсценарное распределение экспортной выручки от гранул (люцерна + жом) для 2030 года:

Сценарий	Вероятность	Выручка, тыс. руб.	Отклонение от базового
Оптимистичный	0,25	68 500	+15%
Базовый	0,50	59 560	0%
Пессимистичный	0,25	47 650	-20%

Оценка математического ожидания по этим данным $E(R_{2030}) = 58818$ тыс. руб., дисперсия $\sigma_R^2 \approx 7420$ тыс. руб., коэффициент вариации $CVR = 7420 / 58818 \approx 12,6\%$.

Это означает, что относительный риск экспортной выручки в пиковый год проекта оценивается в 12,6%, что требует формирования резерва ликвидности в размере не менее 15% от планового денежного потока.

Еще одним распространенным инструментом для оценки инвестиционных проектов в условиях неопределенности является стохастическое моделирование методом Монте-Карло. Используется, когда входные параметры известны приблизительно, но известно их статистическое распределение. Применительно к анализу инвестиционных рисков это означает: вместо построения аналитического распределения показателя NPV генерируется большое количество случайных реализаций входных параметров (объем производства, цена, себестоимость, ставка дисконтирования), для каждой рассчитывается NPV, после чего проводится статистический анализ полученной совокупности значений. Данный метод требует качественных статистических данных или глубоких экспертных знаний для обоснованного выбора распределений и корреляций, что вносит элемент субъективности.

Важным элементом инвестиционного анализа является сценарный анализ, позволяющий определить жизнеспособность проекта в условиях неопределённости. Формально выделяются:

Базовый сценарий: вероятность одновременного достижения плановых объёма и цены реализации составляет $\approx 50\%$: $P(Q_{base}, P_{base}) \approx 0,5$

Стресс-сценарий: совместное негативное отклонение Q и P на заданные квантили распределения (например, 5%-й перцентиль). Здесь Q – объём реализации в натуральном выражении (МВт·ч, тонны granul), P – цена реализации единицы продукции (тыс. руб./единицу). Выручка $R = Q \times P$ является ключевым показателем, чувствительным к изменениям обоих параметров.

Сценарий разрыва логистики: стресс-тест, при котором предполагается, что компания не может отгрузить 100% произведённой продукции из-за транспортных ограничений (нехватка вагонов-зерновозов, задержки на Ж/Д станциях), таможенных задержек, сезонных факторов (зимние ограничения, распутица), геополитических рисков или инфраструктурных сбоев. В модель вводится дисконтирующий фактор $D_i \in [0,6; 0,9]$ на объём товара, доступного к отгрузке.

Критерием финансовой устойчивости выступает условие сохранения коэффициента покрытия долга (DSCR) выше порогового значения:

$$DSCR = \frac{\text{Чистый операционный доход}}{\text{Общая сумма обслуживания долга (тело + проценты)}}$$

$DSCR > 1$: предприятие создает достаточно средств для оплаты текущих долгов. $DSCR < 1$: денежного потока недостаточно для обслуживания долга, возникает риск дефолта. Нормальным считается DSCR диапазоне 1,5-2,5 (зависит от отрасли). Значения выше 3 могут указывать на нерациональную структуру капитала.

Таким образом, разработка мер по снижению бытовых рисков должна базироваться на количественной оценке их влияния на математическое ожидание и дисперсию денежных потоков. К таким мерам относятся: диверсификация клиентского портфеля и рынков сбыта; хеджирование ценовых и валютных рисков; динамическое ценообразование и CRM-аналитика; формирование финансовых буферов и стохастическое управление ликвидностью. Каждая из мер вносит вклад либо в повышение ожидаемой доходности, либо в снижение волатильности (или в ограничение вероятности дефицита ликвидности), что в сово-

купности повышает риск-адаптированную эффективность инвестиционного проекта.

Список литературы

1. Ковалев, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Финансы и статистика, 2021. — 560 с.
2. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ ISO 31000-2020. Менеджмент рисков. Руководящие указания. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://shop.belgiss.by/ru/gosudarstvennye-standarty/stb-iso-31000-2020>— Дата доступа: 20.04.2026.