

Роль динамического моделирования в увеличении скорости оборачиваемости оборотных активов предприятия

Агафьин И.Д.

В условиях высокой волатильности рынков и обострения конкурентной борьбы эффективность управления оборотными активами становится критически важным фактором финансовой устойчивости и рентабельности предприятия. Объект исследования – динамическое моделирование. Предмет исследования – оборотные активы. Традиционные статические методы анализа и планирования зачастую оказываются недостаточными для учета динамики, временных лагов, нелинейных зависимостей и обратных связей, присущих этим процессам. Возникает эмпирическая необходимость в использовании новых моделей оценки, в которых на первый план выходит мощный инструментарий динамического моделирования, предлагающий принципиально иной подход к пониманию и оптимизации управления оборотными активами. Возможность прогнозировать последствия решений, оптимизировать политики управления запасами, дебиторской и кредиторской задолженностью в их сущностной взаимосвязи, проводить сценарный анализ и синхронизировать потоки делает динамическое моделирование незаменимым для достижения главной цели – увеличения скорости оборачиваемости оборотных активов. Компании, активно внедряющие подход динамического моделирования, получают существенное конкурентное преимущество за счет более эффективного использования одного из самых важных ресурсов – оборотного капитала.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

ГОСТ 7.1–2003

Агафьин И.Д. Роль динамического моделирования в увеличении скорости оборачиваемости оборотных активов предприятия // Дискуссия. — 2025. — № 5 (138) — С. 13–18.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Динамическое моделирование, имитационное моделирование, оборотные активы, запасы, скорость оборачиваемости.

The role of dynamic modeling in increasing the rate of turnover of current assets of an enterprise

Agafin I.D.

In the conditions of high market volatility and increased competition, the efficiency of current asset management becomes a critical factor in the financial stability and profitability of an enterprise. The object of the study is dynamic modeling. The subject of the study is current assets. Traditional static methods of analysis and planning are often insufficient to account for the dynamics, time lags, nonlinear dependencies and feedbacks inherent in these processes. There is an empirical need to use new assessment models, in which powerful dynamic modeling tools come to the fore, offering a fundamentally different approach to understanding and optimizing current asset management. The ability to predict the consequences of decisions, optimize inventory management policies, accounts receivable and accounts payable in their essential relationship, conduct scenario analysis and synchronize flows makes dynamic modeling indispensable for achieving the main goal - increasing the rate of turnover of current assets. Companies that actively implement the dynamic modeling approach gain a significant competitive advantage due to more efficient use of one of the most important resources - working capital

FOR CITATION

Agafin I.D. The role of dynamic modeling in increasing the rate of turnover of current assets of an enterprise. *Diskussiya [Discussion]*, № 5 (138), 13–18.

APA

KEYWORDS

Dynamic modeling, simulation modeling, current assets, inventory, turnover rate.

ВВЕДЕНИЕ

Динамическое моделирование представляет собой метод исследования сложных экономических систем через создание достоверных моделей, которые имитируют поведение системы во времени. В отличие от статических моделей, дающих «моментальный снимок» состояния системы на определенный момент или при определенных допущениях, динамические модели фокусируются на процессе: «Если же мы будем наблюдать фактическое поведение людей в смежные моменты, то нам придётся сделать неутешительный на первый взгляд вывод, что о постоянстве функций

не может быть и речи» [1, с. 256]. Динамические модели рассматривают экономическую систему как совокупность взаимосвязанных элементов (запасы, потоки, конвертеры, обратные связи), поведение которых описывается математическими уравнениями или алгоритмами. Ключевая особенность динамического моделирования – явное введение фактора времени как независимой переменной, когда рассчитывается состояние системы последовательно, шаг за шагом (дискретно или непрерывно), представляя возможность наблюдать эволюцию ключевых показателей (таких как уровень запасов, сумма дебиторской задолженности,

свободный денежный поток) в ответ на управляющие воздействия (изменение политики закупок, условий кредитования покупателей, сроков оплаты поставщикам) и внешние возмущения (колебания спроса, сбои поставок, изменение рыночных ставок).

Основой динамических моделей часто служит методология системной динамики, разработанная Джейм Форрестером [2], [3], которая оперирует понятиями:

Запасы – накопленные величины на определенный момент времени (например, объем сырья на складе, сумма непогашенной дебиторской задолженности, остаток денег на расчетном счете).

Потоки – скорость изменения запасов (например, поступление сырья на склад, отгрузка готовой продукции, поступление оплаты от покупателей, выплаты поставщикам).

Обратные связи – циклические причинно-следственные связи, которые могут быть как усиливающими (положительными), так и стабилизирующими (отрицательными).

Запаздывания – временные интервалы между причиной и следствием (например, задержка между отгрузкой товара и поступлением оплаты, время выполнения заказа у поставщика).

Оборотные активы предприятия представляют собой классическую динамическую систему с ярко выраженными запасами (запасы материалов, НЗП, готовой продукции, дебиторская задолженность, денежные средства) и потоками (закупки, производство, продажи, поступления от покупателей, платежи поставщикам и персоналу), когда элементы связаны сложной сетью причинно-следственных связей с многочисленными запаздываниями и обратными связями. Попытки оптимизировать один элемент системы (например, резко сократить запасы сырья) без учета динамических последствий могут привести к сбоям в производстве (из-за нехватки материалов) или росту затрат на срочные закупки, что в итоге негативно скажется на денежных потоках и общей оборачиваемости, поэтому статические модели, опирающиеся на средние показатели или точечные оценки, часто неспособны предвидеть такие каскадные эффекты.

Динамическое моделирование способствует увеличению скорости оборачиваемости по следующим причинам:

Модель позволяет визуализировать и количественно оценить, как решения в одной области влияют на другие компоненты и факторы операционной и неоперационной деятельности

предприятия, что помогает выявить истинные «узкие места», тормозящие общую оборачиваемость, которые могут быть неочевидны при традиционном анализе.

Динамическая модель – это мощный инструмент прогнозирования будущих состояний системы оборотного капитала при различных сценариях:

Динамическая модель отвечает на ряд важнейших вопросов: Как скажутся сезонные колебания или рыночные тренды на потребность в запасах, дебиторской задолженности и денежных средствах? Что произойдет при увеличении/сокращении сроков оплаты поставщиков или покупателей? Как повлияет изменение цен на сырье? Как изменится оборачиваемость при оптимизации логистики?

Проводя множество таких сценарных прогонов, менеджмент может оценить не только конечный результат (изменение коэффициента оборачиваемости или длительности цикла), но и траекторию достижения этого результата, временные лаги и возможные негативные побочные эффекты, что позволяет выбирать наиболее устойчивые и эффективные стратегии ускорения оборачиваемости.

Внедрение динамического моделирования требует соблюдения определенных критериев от сбора и подготовки качественных данных о процессах и временных параметрах, выбора подходящего программного инструментария (специализированные пакеты системной динамики, универсальные среды программирования или даже расширенные возможности современных электронных таблиц) до построения и верификации модели [4], [5]. Возможность заранее «проиграть» различные стратегии, минимизировать риски, найти скрытые резервы ускорения оборота и синхронизировать действия различных подразделений приводит к устойчивому улучшению ключевых финансовых показателей, таких как ускорение оборачиваемости, высвобождению денежных средств, снижению потребности в заемном финансировании и росту рентабельности собственного капитала (ROE).

Представим пример разработки и использования динамической модели. Предположим, что ключевой компонент оборотных активов предприятия (например, уровень запасов готовой продукции – $ЗГП(t)$) демонстрирует гиперболическую зависимость от управляющего воздействия – интенсивности продаж ($ИП(t)$) и фактора времени (t), но при этом его рост ограничен внутренними

мощностями и логистическими возможностями. Гиперболическая равносторонняя функция имеет вид $f(x) = \beta / (x + \alpha)$, адаптируем ее для прогнозирования ЗГП в формуле 1:

$$\text{ЗГП}(t) = \beta / (\text{ИП}(t) + \alpha) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

Где: $\text{ЗГП}(t)$ – уровень запасов готовой продукции на конец периода t (руб., шт., усл. ед.).

$\text{ИП}(t)$ – интенсивность продаж (выручка от реализации) в периоде t (руб./период) – это управляющая/входная переменная.

α (альфа) – параметр смещения/сдвига, который отражает базовый уровень интенсивности продаж, при котором запасы стремятся к очень высоким значениям (β/α) и который имеет ту же размерность, что и $\text{ИП}(t)$ (руб./период).

β (бета) – параметр масштаба/насыщения, который определяет максимально возможный уровень запасов при $\text{ИП}(t) = 0$ и скорость их снижения по мере роста продаж; имеет размерность $\text{ЗГП}(t) * \text{ИП}(t)$ (руб. * (руб./период) = руб²/период).

$\varepsilon(t)$ – случайная ошибка/возмущение в периоде t , отражающее влияние неучтенных факторов (сбои поставок, колебания спроса, ошибки прогноза), предполагается, что $\varepsilon(t) \sim N(0, \sigma^2)$.

Интерпретация параметров динамической модели:

Чувствительность к продажам – производная $d\text{ЗГП}(t)/d\text{ИП}(t) = -\beta / (\text{ИП}(t) + \alpha)^2$ показывает, насколько быстро снижаются запасы при росте продаж, чем больше β и чем меньше $\text{ИП}(t)$ (близость к «базе» α), тем сильнее влияние.

Асимптота – при очень больших значениях $\text{ИП}(t)$ ($\text{ИП}(t) \rightarrow \infty$), уровень запасов стремится к нулю ($\text{ЗГП}(t) \rightarrow 0$), что соответствует идеальной модели «точно в срок» без страховых запасов, при $\text{ИП}(t) = 0, \text{ЗГП}(t) = \beta/\alpha$.

Равносторонность – кривая гиперболы симметрична относительно точки перегиба, что в данном контексте может отражать «равновесную» (но не обязательно оптимальную) реакцию системы запасов на изменение продаж.

Учитывая стохастическую природу ошибки $\varepsilon(t)$, точечный прогноз по формуле $\text{ЗГП}(t) = \beta / (\text{ИП}(t) + \alpha)$ недостаточен, так как необходимо оценить доверительный интервал (ДИ), в пределах которого с заданной вероятностью (например, 95%) будет находиться фактическое значение $\text{ЗГП}(t)$ при известном (прогнозируемом) $\text{ИП}(t)$.

Формула для доверительного интервала прогноза на один шаг вперед ($t+1$) имеет вид формула 2:

$$\begin{aligned} \text{ДИ_ЗГП}(t+1) = [\hat{y}(t+1) - t_{(\gamma, n-2)} * s_e * \\ \sqrt{(1 + 1/n + (\text{ИП}(t+1) - \text{ИП})^2 / SSx)}; \hat{y}(t+1) + \\ t_{(\gamma, n-2)} * s_e * \sqrt{(1 + 1/n + (\text{ИП}(t+1) - \\ \text{ИП})^2 / SSx)}] \end{aligned} \quad (2)$$

Где: $\hat{y}(t+1) = \beta / (\text{ИП}(t+1) + \hat{\alpha})$ – почечный прогноз запасов на период $t+1$, полученный по оцененным параметрам модели ($\hat{\alpha}, \hat{\beta}$).

$t_{(\gamma, n-2)}$ – критическое значение t -распределения Стьюдента для выбранного уровня доверия λ (напр., 95%) и числа степеней свободы $n-2$ (n – количество наблюдений, по которым оценивались параметры).

s_e – стандартная ошибка оценки регрессии (стандартное отклонение остатков ε):

$$s_e = \sqrt{(\sum (\text{ЗГП}_i - \hat{y}_i)^2 / (n - 2))}.$$

n – количество исторических наблюдений, использованных для оценки модели.

ИП – среднее значение интенсивности продаж по историческим данным.

SSx – сумма квадратов отклонений значений ИП от их среднего: $SSx = \sum (\text{ИП}_i - \text{ИП})^2$.

Проведём упрощённый пример расчета – таблица 1.

Таблица 1

Исходные данные (гипотетически по квартально)

Период (t)	Инт. Продаж (ИП), млн. руб/кв	Запасы ГП (ЗГП), млн.руб
1	50	8.0
2	70	5.5
3	90	4.2
4	110	3.4
5	130	2.8

Источник: разработано автором.

Шаг 1: Оценка параметров модели (α, β)

Используем нелинейный МНК (или линейаризацию: $1/\text{ЗГП}(t) = (1/\beta) * \text{ИП}(t) + \alpha/\beta$).

Допустим, оценки получились:

$$\hat{\alpha} = 25 \text{ (млн. руб/кв)}; \hat{\beta} = 400 \text{ (млн. руб}^2\text{/кв)};$$

$$s_e \approx 0.15 \text{ млн. руб (рассчитано по остаткам)}$$

$$\text{ИП} = (50 + 70 + 90 + 110 + 130)/5 = 90 \text{ млн. руб/кв}$$

$$\begin{aligned} SSx = (50 - 90)^2 + (70 - 90)^2 + (90 - 90)^2 + \\ (110 - 90)^2 + (130 - 90)^2 = 1600 + 400 + 0 + \\ 400 + 1600 = 4000 \text{ (млн. руб/кв)}^2 \end{aligned}$$

$$n = 5$$

Шаг 2: Прогноз на период 6

Предположим, плановая/прогнозируемая интенсивность продаж на период 6:

ИП(6) = 150 млн.руб/кв.

Точечный прогноз:
 $\hat{y}(6) = 400 / (150 + 25) = 400 / 175$
 ≈ 2.286 млн. руб.

Шаг 3: Расчет 95% доверительного интервала (ДИ)
 $\gamma = 0.95, df = n - 2 = 3$. Критическое значение
t-распределения: $t_{(0.95,3)} \approx 3.182$.

Вычислим значение под корнем:

$$\sqrt{(1 + 1/5 + (150 - 90)^2 / 4000)} = \sqrt{(1 + 0.2 + 3600 / 4000)} = \sqrt{(1.2 + 0.9)} = \sqrt{2.1} \approx 1.449$$

Погрешность = $t \cdot s_e \cdot \text{Корень} = 3.182 \cdot 0.15 \cdot 1.449$
 $\approx 3.182 \cdot 0.21735 \approx 0.691$ млн. руб.

Нижняя граница ДИ: $2.286 - 0.691 \approx 1.595$ млн. руб.

Верхняя граница ДИ: $2.286 + 0.691 \approx 2.977$ млн. руб.

Интерпретация результата: при прогнозируемой интенсивности продаж в 150 млн. руб./квартал, динамическая модель на основе гиперболической зависимости прогнозирует уровень запасов ГП в размере 2.286 млн. руб. Однако, с учетом неопределенности (измеренной стандартной ошибкой модели S_e и удаленности прогнозного значения ИП(6) от среднего исторического), фактический уровень запасов с вероятностью 95% ожидается в интервале от 1.595 млн.руб. до 2.977 млн.руб.

Значение для управления оборачиваемостью:

1. Точечный прогноз $\hat{y}(6) = 2.286$ млн. руб. позволяет оценить ожидаемый уровень запасов.

2. Эффективное управленческое решение, так как зная плановые продажи (ИП(6)=150), руководство может принять решения о корректировке производства или закупок для достижения целевого уровня запасов (например, более низкого, чем 2.286 млн.руб., если цель – ускорение оборачиваемости).

3. Учет риска/неопределенности – широкий доверительный интервал ($\approx \pm 0.7$ млн. руб. вокруг прогноза) сигнализирует о высокой неопределенности прогноза, что может быть связано с малым объемом данных ($n=5$), высокой волатильностью продаж или запасов (большая S_e), или экстремальностью прогнозного значения продаж (ИП(6)=150 сильно выше ИП=90). Менеджер обязан учитывать этот интервал:

При планировании потребности в финансировании оборотных активов (брать в расчет верхнюю границу ДИ). При оценке риска сбоев (нижняя граница ДИ может указывать на потенциальный дефицит).

Большая S_e (0.15 млн.руб. при среднем уровне запасов ~ 4.8 млн.руб.) и широкий ДИ указывают, что модель требует доработки (включение дополнительных факторов, пересмотр типа зависимости, сбор большего объема данных).

Представленная эмпирическая модель демонстрирует, как динамическое прогнозирование уровня оборотных активов (в данном случае, запасов ГП) с использованием нелинейных зависимостей (гиперболической) и обязательной оценкой меры неопределенности (доверительных интервалов) предоставляет менеджменту не только ожидаемое значение показателя, но и диапазон его возможных колебаний. Это критически важно для принятия взвешенных решений по оптимизации уровня оборотных активов, минимизации связанных с ними рисков и, как следствие, для целенаправленного увеличения скорости их оборачиваемости. Реальные модели в рамках системно-динамического подхода интегрируют подобные прогнозы для всех компонент оборотного капитала (запасы, дебиторка, деньги) и их взаимосвязей, позволяя находить комплексные решения для ускорения общего цикла «деньги-товар-деньги».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современной сложной и быстро меняющейся экономической реальности динамическое моделирование перестает быть точечным экзотическим инструментом, а становится необходимым элементом эффективного управления оборотными активами. Так как оно преодолевает ограничения статических подходов, предоставляя глубокое понимание временных зависимостей, обратных связей и нелинейных эффектов, присущих циклу оборотного капитала. Возможность прогнозировать последствия решений, оптимизировать политики управления запасами, дебиторской и кредиторской задолженностью в их взаимосвязи, проводить сценарный анализ и синхронизировать потоки делает динамическое моделирование незаменимым для достижения главной цели – увеличения скорости оборачиваемости оборотных активов. Это, в свою очередь, является мощным драйвером повышения финансовой гибкости, снижения рисков и роста стоимости предприятия. Компании, активно внедряющие подход динамического моделирования, получают существенное конкурентное преимущество за счет более эффективного использования одного из самых важных ресурсов – оборотного капитала.

Список литературы

1. *Слуцкий, Е. Е.* Экономические и статистические произведения. – М.: Эксмо, 2010. – 1152 с.
2. *Розенберг, Г. С.* Джей Райт Форрестер (14.07.1918 – 16.11.2016) и имитационное моделирование / Г. С. Розенберг // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2017. – Т. 26, № 1. – С. 148-160. – EDN YFQEEB.
3. *Островский, Ю. И.* Динамическое имитационное моделирование / Ю. И. Островский // Управление развитием крупномасштабных систем: Материалы второй международной конференции, Москва, 01–03 октября 2008 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова; Общая редак-
4. *Янчовичина, Е., Уолмсли, Т. Л.* (ред.). Динамическое моделирование и приложения для глобального экономического анализа. – Издательство Кембриджского университета, 2012.
5. *Радзицки, М. Дж.* Системная динамика и ее вклад в экономику и экономическое моделирование // Энциклопедия сложных и системных наук. – Springer, Берлин, Гейдельберг, 2019. – С. 1-15. – DOI 10.1007/978-3-642-27737-5_539-2.

References

1. *Slutsky, E. E.* Economic and statistical works. – Moscow: Eksmo, 2010. – 1152 p.
2. *Rosenberg, G. S.* Jay Wright Forrester (07/14/1918 – 11/16/2016) and simulation modeling / G. S. Rosenberg // Samara Luka: problems of regional and global ecology. – 2017. – Vol. 26, № 1. – Pp. 148-160. – EDN YFQEEB.
3. *Ostrovsky, Yu. I.* Dynamic simulation modeling / Yu. I. Ostrovsky // Management of the development of large-scale systems: Proceedings of the second International Conference, Moscow, October 01-03, 2008 / V. A. Trapeznikov Institute of Management Problems; General edition –
4. *Yanchovichina, E., Walmsley, T. L.* (ed.). Dynamic modeling and applications for global economic analysis. – Cambridge University Press, 2012.
5. *Radzicki, M. J.* System dynamics and its contribution to economics and economic modeling // Encyclopedia of Complex and Systemic Sciences. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2019. – Pp. 1-15. – DOI 10.1007/978-3-642-27737-5_539-2.

Информация об авторе

Агафьин И.Д., аспирант Московского университета «Синергия» (г. Москва, Российская Федерация).

Information about the author

Agafin I.D., postgraduate student of the Moscow University of Synergy (Moscow, Russian Federation).

© Агафьин И.Д., 2025.

© Agafin I.D., 2025.