

СИСТЕМНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ФАКТОРЫ РОСТА И АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ

Цветков В. В.¹

(Аппарат Правительства Российской Федерации, Москва)

Представлена системная динамическая модель экономических потоков в промышленности, разработанная в IThink. Модель позволяет исследовать влияние стратегий инвесторов и государственной налоговой политики на темпы роста промышленности с учетом амортизации основных фондов и рентабельности. Моделирование показало, что в основе промышленности заложен потенциал нелинейного роста, однако ускорение требует значительного времени и условий. Важным фактором выступает уровень износа: при высокой амортизации значительная часть инвестиций направляется на поддержание мощностей и только чистые инвестиции обеспечивают расширение. Выявлено, что эффективность государственной политики определяется горизонтом планирования: при краткосрочном горизонте (до 15 лет) государству выгодно устанавливать высокие налоги, но при увеличении горизонта до 30 лет ситуация меняется: оптимальной становится налоговая ставка 20%, способствующая росту отрасли и налоговых поступлений. Ключевым фактором роста является поведение инвесторов: при краткосрочной стратегии они накапливают прибыль, но теряют потенциал роста и получают значительно меньшую прибыль в долгосрочной перспективе. Долгосрочные стратегии инвесторов позволяюткратно увеличить совокупные доходы. Государству выгодны такие инвесторы, так как они способствуют устойчивому росту отрасли, модернизации и увеличению налоговой базы. Таким образом, согласование долгосрочных стратегий государства и инвесторов является условием промышленного развития.

Ключевые слова: системная динамика, промышленность, моделирование в IThink, экономический рост, инвестиционные стратегии.

1. Введение

Отрасли промышленности (далее – отрасли, промышленность) играют ключевую роль в развитии общества. Какие факторы способствуют её росту, и почему некоторые отрасли развиваются быстрее других? В статье делается попытка разобраться в этом вопросе с помощью модели, которая объясняет,

¹ Виктор Владимирович Цветков, гл. советник (Tsvetkov.dinamika@internet.ru).

как инвестиции, износ основных фондов налоги и стратегии инвесторов влияют на развитие целых отраслей.

В статье используется простая, но в то же время содержательная модель, созданная в IThink [1, 3, 4] и основанная на дифференциальных уравнениях [2], которая помогает понять, как решения инвесторов и государства могут ускорить или замедлить рост экономики.

Целью исследования является разработка инструментария, который не только описывает теоретические аспекты роста промышленности, но и предоставляет практические рекомендации для выработки оптимальной государственной политики и инвестиционных стратегий [5, 6]. Применение модели позволяет выявить, как различные управленческие решения могут ускорить рост отраслей, повысить налоговые поступления и стимулировать долгосрочные инвестиции.

Новизна работы заключается в разработке математического аппарата, адаптированного для анализа долгосрочных стратегий развития отраслей промышленности, и в практическом применении полученных результатов. Полученные выводы имеют как теоретическую, так и прикладную значимость, что делает модель универсальным инструментом для управления социально-экономическими системами.

2. Описание модели и математический аппарат

Предложенная в статье системная динамическая модель экономических потоков отрасли промышленности разработана с использованием программы iThink и опирается на положения модели экономического роста Р. Солоу [7]. Вместе с тем она имеет отличие от модели Р. Солоу: в предложенной модели особое внимание уделено источникам инвестиций и стратегиям инвесторов и государства, что позволяет более детально исследовать влияние выбранных стратегий инвесторов на развитие отрасли.

В модели также учитывается влияние государственных решений и стратегий инвесторов на долгосрочное развитие отрасли, что делает ее более гибкой и практичной по сравнению с традиционными теоретическими подходами.

Модель представляет собой систему потоков и накопителей (рис. 1). В центре модели находится совокупный доход отрасли (DO), который генерируется производственной деятельностью. Доход отрасли (DO) увеличивается с притоком инвестиций в основные фонды (Inv) и уменьшается из-за их естественного износа (IzF). С дохода отрасли формируется ежегодная прибыль до налогов (Pdn), зависящая от величины рентабельности отрасли (R). С прибылью до налогов (Pdn) в государство идут налоговые поступления (Np), регулируемые налоговой ставкой (Sn). Чистая прибыль (Cp) распределяется инвесторами в зависимости от выбранной стратегии: либо во вне (Pri), где суммируется в блоке дохода инвесторов (DI), либо поступает в блок инвестиции (Inv). Решения инвесторов регулируются параметром (Dpi) – долей прибыли инвесторов.

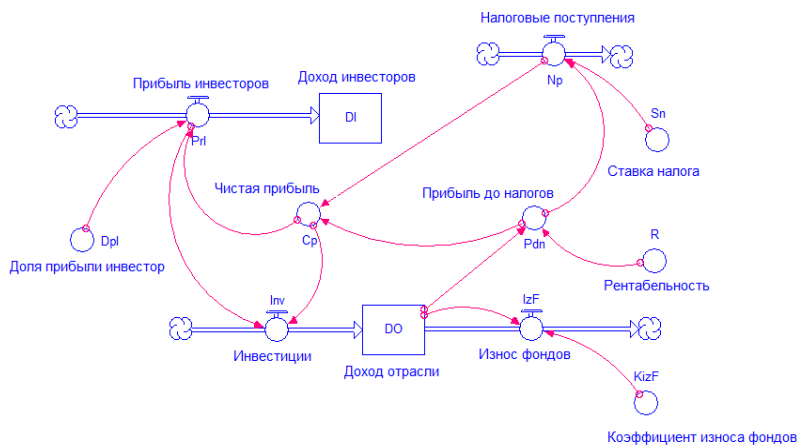


Рис. 1. Графический образ модели отрасли

В модель внесены упрощения для повышения ее наглядности: исключены инфляция и влияние банковского сектора, предполагается неограниченные трудовые ресурсы и постоянство технологий, а инвестиции в основные фонды осуществляются моментально. Это позволило сосредоточиться на ключевых экономических потоках: доходах, инвестициях и износе

фондов, что сделало модель более наглядной и доступной для анализа.

Система дифференциальных уравнений, созданная в программе IThink (рис. 2).

```

□ DI(t) = DI(t - dt) + (Pri) * dt
INIT DI = 0
INFLOWS:
  ☞ Pri = Cp*Dpl
□ DO(t) = DO(t - dt) + (Inv - IzF) * dt
INIT DO = 100
INFLOWS:
  ☞ Inv = Cp-Pri
OUTFLOWS:
  ☞ IzF = DO*KizF
UNATTACHED:
  ☞ Np = Pdn*Sn
○ Cp = Pdn-Np
○ Dpl = 0
○ KizF = 0.03
○ Pdn = DO*R
○ R = 0.05
○ Sn = 0
    
```

Рис. 2. Система уравнений, записанная на языке Дунато

Математическое описание модели.

Предложенная системная динамическая модель описывает изменения ключевых параметров отрасли промышленности на основе системы дифференциальных уравнений. Главным уравнением модели является уравнение динамики дохода отрасли (DO):

$$(1) \frac{dDO}{dt} = DO(t) * R * (1 - Sn) * (1 - Dpi) - KizF * DO(t),$$

где $DO(t)$ – доход отрасли в момент времени t ; R – коэффициент рентабельности; Sn – налоговая ставка; Dpi – доля прибыли, сохраняемая инвесторами; $KizF$ – коэффициент износа фондов.

Описание переменных:

Инвестиции (Inv): объем инвестиций в основные фонды, направленных на увеличение выпуска продукции. Параметр зависит от выбранной стратегии инвесторов. Определяется формулой

$$(2) Inv(t) = Cp(t) * (1 - Dpi) = DO(t) * R * (1 - Sn) * (1 - Dpi).$$

Доход отрасли (DO): общий объем дохода отрасли от всей произведенной продукции. Он измеряется в денежном эквива-

ленте и является условной величиной, начиная с определенного значения в модели:

$$(3) \quad \frac{dDO(t)}{dt} = Inv(t) - KizF * DO(t).$$

Износ фондов (IzF): уровень амортизации основных фондов, который влияет на снижение дохода отрасли; задается коэффициентом износа фондов в % отношении от дохода отрасли ($KizF$):

$$(4) \quad IzF(t) = DO(t) * (1 - KizF).$$

Прибыль до налогообложения (Pdn): определяется через рентабельность отрасли и отражает доходы, которые еще не подвергались налогообложению:

$$(5) \quad Pdn(t) = DO(t) * (1 - R).$$

Коэффициент рентабельность – рентабельность (R): показатель эффективности отрасли, влияющий на объемы прибыли и возможности для накопления или реинвестирования.

Коэффициент налоговых поступлений – налоговые поступления (Np): общий объем налогов, рассчитываемый исходя из ставки налога (Sn), которая установлена государством:

$$(6) \quad Np(t) = Pdn(t) * Sn(t).$$

Коэффициент доли прибыли инвесторов (Dpi): доля прибыли, сохраняемая инвесторами (Pri) либо направляемая на реинвестирование в основной капитал (Inv), именно она определяет выбранные стратегии инвесторов сберегать или инвестировать. Пример: $Dpi = 10\%$ – это означает, что инвесторы 10% от чистой прибыли сберегают (Pri), а 90 % направляют в блок инвестиции (Inv).

Дополнительно введенный в сценарии 1 коэффициент инвестиций ($Kinv$): показатель роста дохода отрасли, в %:

$$(7) \quad Kinv(t) = \left(\frac{Inv(t)}{DO(t)} \right) * 100\% - KizF.$$

В разделе 3 проведен анализ чувствительности ключевых параметров модели с использованием численных методов решения.

3. Предложенные сценарии моделирования

3.1. СЦЕНАРИЙ РОСТА С ПОЛНОЙ РЕИНВЕСТИЦИЕЙ ПРИБЫЛИ.

Начальные параметры модели:

- Доход отрасли (DO) = 100 у.е.
- Доля прибыли инвесторов (Dpi) = 0%.
- Ставка налога (Sn) = 0%.
- Рентабельность отрасли (R) = 14%.
- Коэффициент износа основных фондов ($KizF$) = 5%.
- Горизонт моделирования – 40 лет.

Описание сценария: Рассматривается сценарий, в котором налоговая ставка и доля прибыли, сохраняемая инвесторами, равны нулю. В этих условиях вся прибыль от производства реинвестируется в основные фонды, создавая оптимальные условия для ускоренного роста отрасли.

Цель: исследовать поведение модели и определить ключевые коэффициенты, которые позволяют описать и спрогнозировать динамику роста системы. Результаты моделирования представлены на рис. 3.

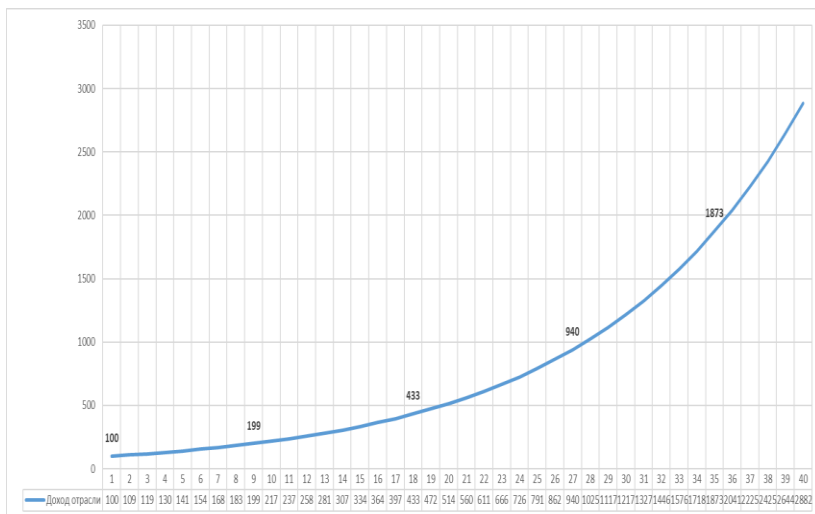


Рис. 3. Результаты моделирования

Первые 8 лет отрасль демонстрирует медленный линейный рост, так как объем реинвестируемой прибыли в первые годы сравнительно невелик и не создает значительного эффекта ускоренного роста. Также мы видим, что доход отрасли удваивается каждые 8 лет – время удвоения отрасли. По мере накопления капитала к 20-му году наблюдается ускорение роста доходов отрасли, но характер роста остается линейным, просто увеличивается его ежегодный денежный объем. Этап ускоренного роста наблюдается примерно с 18–20 года моделирования. В начальные годы доход отрасли удваивается со 100 до 199 у.е. за 8 лет. Однако в поздние годы модель начинает демонстрировать более значительные приросты дохода: например, доход в 20-й год увеличивается на 46 у.е. за один год, в ранний период такой прирост занимал около 5 лет.

Для нахождения скорости удвоения дохода отрасли предлагается ввести коэффициент инвестиций (K_{inv}), который позволяет оценить, насколько эффективно прибыль реинвестируется в основные фонды и как это влияет на динамику модели. В данном сценарии расчетный коэффициент инвестиций составляет 9%.

Выводы: сценарий показал, что на «взращивание» отрасли требуется значительное время для достижения ускоренного роста. В первые годы наблюдается медленная динамика роста, и только к 18–20 году ускорение становится значительным. Введенный коэффициент инвестиций (K_{inv}) является ключевым показателем, который определяет, насколько быстро отрасль может развиваться и удваивать свои доходы. Чем выше K_{inv} , тем быстрее происходит накопление капитала и тем быстрее наша модель достигает точки, с которой начинается ускорение роста.

Такое поведение системы объясняется тем, что первоначальные инвестиции требуют времени для создания условий, способствующих ускоренному росту. Это подчеркивает важность государственной поддержки реинвестирования прибыли, чтобы ускорить экономическое развитие промышленности в долгосрочной перспективе.

В реальности аналогичный эффект ускорения роста можно наблюдать в развитии промышленности на протяжении послед-

них 100–200 лет. Примером этого является индустриализация экономик мира, сегодня подобные темпы прироста, которых раньше достигали за десятилетия, реализуются всего за несколько лет или даже за один год. Ускорение темпов роста обусловлено не только накоплением капитала и инвестиций, но также технологическим прогрессом, улучшением инфраструктуры, повышением производительности труда и совершенствованием логистики.

3.2. СЦЕНАРИИ РОСТА ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗНОСА ФОНДОВ.

Начальные параметры модели:

- Доход отрасли (DO) = 100 у.е.
- Доля прибыли инвесторов (Dpi) = 0%.
- Ставка налога (Sn) = 0%.
- Рентабельность отрасли (R) = 14%.
- Коэффициент износа основных фондов ($KizF$) = 3%, 5%, 7%, 9%.
- Горизонт моделирования – 20 лет.

В данном сценарии исследуется, как увеличение коэффициента износа основных фондов ($KizF$) влияет на динамику роста отрасли. Результаты моделирования представлены на рис. 4.

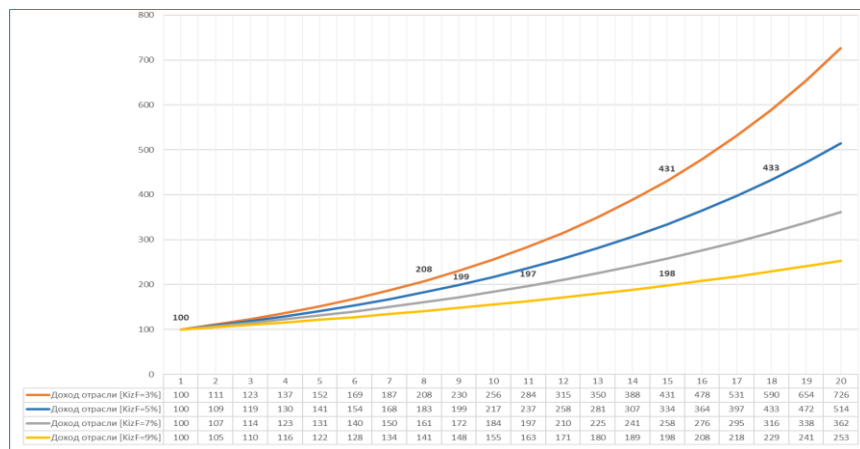


Рис.4. Результаты моделирования

На начальном этапе при $KizF = 3\%$ отрасль демонстрирует более быстрый рост, так как объем реинвестируемой прибыли достаточен для покрытия износа и увеличения основных фондов. При таких условиях доход отрасли удваивается через 7 лет, ускоренный рост наблюдается с 16 года. Это показывает, что низкий уровень износа способствует более интенсивному накоплению капитала и росту промышленности.

При $KizF = 5\%$ отрасль демонстрирует быстрый рост. При таких условиях доход отрасли удваивается через 8 лет, аналогично результатам, полученным в сценарии 1.

При увеличении коэффициента износа до 7% наблюдается замедление роста. Удвоение дохода отрасли при этом происходит примерно за 10 лет. Это связано с тем, что значительная часть прибыли направляется на поддержание текущих мощностей, а не на их расширение, что ограничивает возможности для ускоренного роста, начало ускоренного роста происходит позже.

При дальнейшем увеличении коэффициента износа до 9% темп роста еще больше замедляется, и удвоение дохода происходит уже через 14 лет. Это объясняется тем, что высокий уровень износа основных фондов требует значительных вложений на их замену, что существенно снижает объем средств, доступных для расширения и модернизации.

Выводы: результаты данного сценария показывают, что увеличение износа основных фондов оказывает негативное влияние на темпы роста промышленности. Чем выше уровень износа, тем больше средств необходимо направлять на поддержание текущих мощностей, что замедляет процесс накопления капитала и увеличивает время, требуемое на удвоение отрасли и выход на ускоренный рост. Важно учитывать эти факторы при разработке стратегий поддержки промышленного роста, так как модернизация и снижение износа основных фондов могут способствовать ускорению роста и уменьшению сроков удвоения доходов.

3.3. СЦЕНАРИЙ РОСТА ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ.

Начальные параметры модели:

- Доход отрасли (DO) = 100 у.е.
- Доля прибыли инвесторов (Dpi) = 0%.
- Ставка налога (Sn) = 0%.
- Рентабельность отрасли (R) = 5%, 10%, 15%, 20%.
- Коэффициент износа основных фондов ($KizF$) = 5%.
- Горизонт моделирования – 40 лет.

Описание сценария: данный сценарий моделирует рост дохода отрасли при различных уровнях рентабельности.

Цель: определить, как изменение рентабельности влияет на время удвоения отрасли и момент перехода из линейного роста к ускоренному росту. Результаты моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты моделирования

Годы	DO ($R=10\%$)	DO ($R=15\%$)	DO ($R=20\%$)	Годы	DO ($R=20\%$)	DO ($R=20\%$)	DO ($R=20\%$)
1	100	100	100	21	265	673	1637
2	105	110	115	22	279	740	1882
3	110	121	132	23	293	814	2164
4	116	133	152	24	307	895	2489
5	122	146	175	25	323	985	2863
6	128	161	201	26	339	1083	3292
7	134	177	231	27	356	1192	3786
8	141	195	266	28	373	1311	4354
9	148	214	306	29	392	1442	5007
10	155	236	352	30	412	1586	5758
11	163	259	405	31	432	1745	6621
12	171	285	465	32	454	1919	7614
13	180	314	535	33	476	2111	8757
14	189	345	615	34	500	2323	10070
15	198	380	708	35	525	2555	11580
16	208	418	814	36	552	2810	13318
17	218	459	936	37	579	3091	15315
18	229	505	1076	38	608	3400	17612
19	241	556	1238	39	639	3740	20254
20	253	612	1423	40	670	4114	23292

При $R = 5\%$, $K_{inv} = 0$. Доход отрасли не удваивается на протяжении всего периода моделирования. Это связано с тем, что все инвестиции направляются на покрытие износа фондов.

При $R = 10\%$, $K_{inv} = 5\%$. Удвоение дохода отрасли происходит каждые 14 лет. Это говорит о том, что несмотря на линейный характер роста в начальные годы, увеличенное количество реинвестируемой прибыли начинает давать эффект в долгосрочной перспективе. Доход отрасли в 20 году составил 253 у.е., а к 40 году увеличился до 670 у.е.

При $R = 15\%$, $K_{inv} = 10\%$. Удвоение дохода отрасли происходит каждые 7 лет. С ростом рентабельности появляется больше средств для реинвестирования, что позволяет отрасли постепенно накапливать капитал и увеличивать объем основных фондов. Это ведет к ускоренному росту, который начинается уже в середине периода моделирования. По мере накопления капитала наблюдается переход от линейного к ускоренному росту с 15 года. Доход отрасли в 20 году – 612 у.е., а к 40 – 4114 у.е.

При $R = 20\%$, $K_{inv} = 15\%$. Удвоение дохода происходит каждые 4–5 лет. Высокая рентабельность обеспечивает более интенсивное реинвестирование, что значительно ускоряет темп роста. Ускоренный рост наблюдается уже с 11 года. Доход отрасли в 20 году – 1423 у.е., а к 40 – 23 292 у.е.

Выводы: анализ показывает, что рентабельность является ключевым фактором, определяющим время удвоения отрасли. При рентабельности равной износу фондов рост отсутствует.

В результате моделирования установлено, что переход от линейного к ускоренному росту наблюдается в начале 3 цикла удвоения отрасли. Это связано с тем, что значительная часть прибыли реинвестируется, что позволяет отрасли быстрее увеличивать свои основные фонды и наращивать доход. Результаты моделирования подчеркивают важность поддержания высокой рентабельности для устойчивого роста отрасли. Государство и сами предприятия могут рассматривать меры по повышению эффективности производства и снижению издержек, чтобы увеличить рентабельность и, следовательно, ускорить рост.

Для достижения быстрого роста отрасли необходимо поддержание высокой рентабельности, что требует как внутренних

изменений на уровне предприятий, так и внешних стимулов со стороны государства.

3.4. СЦЕНАРИЙ РОСТА ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ СТАВКИ НАЛОГА.

Начальные параметры модели:

- Доход отрасли (DO) = 100 у.е.
- Доля прибыли инвесторов (Dpi) = 0%.
- Ставка налога (Sn) = 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.
- Рентабельность отрасли (R) = 20%.
- Коэффициент износа основных фондов ($KizF$) = 5%.
- Горизонт моделирования – 40 лет.

Целью данного сценария является моделирование влияния различных ставок налога на рост дохода отрасли. Основное внимание уделяется тому, как налоговая нагрузка влияет на возможности отрасли по удвоению доходов и объему налоговых поступлений в бюджет. Результаты моделирования представлены в таблице 2 и 3. В таблицах 2 и 3 зеленым цветом выделены наибольшие значения, назовем их оптимальные стратегии.

Таблица 2. Результаты моделирования (1–20 годы)

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Доход отрасли [Sn=10%]	100	113	128	144	163	184	208	235	266	300	339	384	433	490	553	625	707	799	902	1020
Доход отрасли [Sn=20%]	100	111	123	137	152	169	187	208	230	256	284	315	350	388	431	478	531	590	654	726
Доход отрасли [Sn=30%]	100	109	119	130	141	154	168	183	199	217	237	258	281	307	334	364	397	433	472	514
Доход отрасли [Sn=40%]	100	107	114	123	131	140	150	161	172	184	197	210	225	241	258	276	295	316	338	362
Доход отрасли [Sn=50%]	100	105	110	116	122	128	134	141	148	155	163	171	180	189	198	208	218	229	241	253
Налоговые поступления [Sn=10%]	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	10	11	13	14	16	18	20
Налоговые поступления [Sn=20%]	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11	13	14	16	17	19	21	24	26	29
Налоговые поступления [Sn=30%]	6	7	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	20	22	24	26	28	31
Налоговые поступления [Sn=40%]	8	9	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	24	25	27	29
Налоговые поступления [Sn=50%]	10	11	11	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Таблица 3. Результаты моделирования (21–40 годы)

Годы	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Доход отрасли [Sn=10%]	1152	1302	1471	1663	1879	2123	2399	2711	3063	3462	3912	4420	4995	5644	6378	7207	8144	9202	10399	11751
Доход отрасли [Sn=20%]	806	895	993	1103	1224	1359	1508	1674	1858	2062	2289	2541	2821	3131	3475	3857	4282	4753	5276	5856
Доход отрасли [Sn=30%]	560	611	666	726	791	862	940	1025	1117	1217	1327	1446	1576	1718	1873	2041	2225	2425	2644	2882
Доход отрасли [Sn=40%]	387	414	443	474	507	543	581	621	665	711	761	815	872	933	998	1068	1142	1222	1308	1399
Доход отрасли [Sn=50%]	265	279	293	307	323	339	356	373	392	412	432	454	476	500	525	552	579	608	639	670
Налоговые поступления [Sn=10%]	23	26	29	33	38	42	48	54	61	69	78	88	100	113	128	144	163	184	208	208
Налоговые поступления [Sn=20%]	32	36	40	44	49	54	60	67	74	82	92	102	113	125	139	154	171	190	211	211
Налоговые поступления [Sn=30%]	34	37	40	44	47	52	56	61	67	73	80	87	95	103	112	122	134	146	159	159
Налоговые поступления [Sn=40%]	31	33	35	38	41	43	46	50	53	57	61	65	70	75	80	85	91	98	105	105
Налоговые поступления [Sn=50%]	27	28	29	31	32	34	36	37	39	41	43	45	48	50	53	55	58	61	64	64

Из таблиц 2 и 3 видно, что чем меньше ставка налога S_n , тем быстрее удваивается доход отрасли, к примеру при $S_n = 30\%$ скорость удвоения отрасли равна 8 годам, при $S_n = 50\%$ удвоение происходит через 14 лет. Также при рассмотрении результатов моделирования выявлено, что государству на горизонте 14 лет выгоднее установить высокую ставку налога $S_n = 50\%$, что позволит ежегодно собирать наибольшую прибыль, но при увеличении горизонта планирования до 20 лет ситуация меняется: оптимальной ставкой является 30%, это объясняется большей скоростью удвоения отрасли. Назовем это краткосрочная и долгосрочная стратегии и подробно рассмотрим каждую из них.

Краткосрочная стратегия: горизонт планирования 10-14 лет.

При анализе горизонта планирования в 10-14 лет оптимальной оказывается высокая налоговая ставка (в нашем сценарии 50%), так как она позволяет государству собирать значительные налоговые поступления в краткосрочной перспективе. Ежегодно собираемые налоги с 1–10 год будут равны 10–16 у.е., это наибольший показатель из моделируемых сценариев. Но при такой ставке отрасль удвоит свои доходы через 14 лет.

Такая стратегия имеет негативные стороны: замедление скорости роста отрасли ограничивает ее возможности в долгосрочной перспективе. Высокие налоговые ставки снижают объем средств, доступных для реинвестирования, что препятствует ускорению роста. Ускоренный рост возможен если государство перенаправит собранные деньги на инвестиции.

Долгосрочная стратегия: горизонт планирования 25 лет.

При увеличении горизонта планирования оптимальная ставка уменьшается и на 25 год становится равной 20%. Хотя при ставке в 20% государство и получает в течение 10 лет 4–10 у.е ежегодно, но на 25 год ежегодные поступления возрастают до 49 у.е, против 31 у.е. (при ставке в 50%). На 40 год разница в поступлении налогов увеличивается кратно и составляет 211 у.е (при ставке 20%) против 64 у.е. (при ставке 50%).

Это объясняется тем, что при ставке 20% отрасль удваивает свои доходы каждые 7 лет. Такая ставка обеспечивает умеренную скорость роста, а также поступление значительных налогов

в бюджет, что важно для обеспечения устойчивого экономического развития.

Ставка налога в размере 20% дает возможность инвесторам реинвестировать достаточное количество средств, что способствует более быстрому накоплению капитала и росту доходов. Таким образом, налоговая ставка 20% является оптимальным выбором при долгосрочном горизонте планирования, обеспечивая стабильное развитие отрасли и поступление налогов.

Таблица 4. Расчетный коэффициент инвестиций K_{inv} и время удвоения отрасли

Ставка налога, %	K_{inv} , %	Время удвоения отрасли, лет
10	13	6
20	11	7
30	9	8
40	7	11
50	5	14

Выводы: в результате проведенного моделирования выявлен новый важный параметр – горизонт планирования (стратегия), который оказывает значительное влияние на время удвоения доходов промышленности и налоговых поступлений. Горизонт планирования определяет временной промежуток, в течение которого как инвесторы, так и государство оценивают эффективность принятых экономических решений, таких как налоговая политика или стратегия инвестирования. Рис. 5 демонстрирует влияние разных налоговых ставок на динамику роста налоговых поступлений.

С повышением ставки налога с 10% до 50% увеличивается период удвоения доходов с 6 до 14 лет. Это указывает на необходимость учета баланса между краткосрочными и долгосрочными приоритетами, чтобы обеспечить стабильный рост доходов при максимизации налоговых поступлений.

Оптимальная ставка налога должна учитывать горизонты планирования как инвесторов, так и государства. Высокие налоговые ставки (40-50%) целесообразны для краткосрочных горизонтов, так как позволяют государству собирать больше налогов. Однако для долгосрочного роста более подходящими явля-

ются умеренные ставки (около 20%), которые обеспечивают баланс между налоговыми поступлениями и возможностями для инвестиций в рост. Если государство выбирает ставку 20%, оно дает понять инвесторам, что нацелено на долгосрочный горизонт планирования, отдавая значительную долю заработанных средств в распоряжение инвесторов. Это способствует поддержанию устойчивого роста отрасли, так как большая часть прибыли остается для реинвестирования.

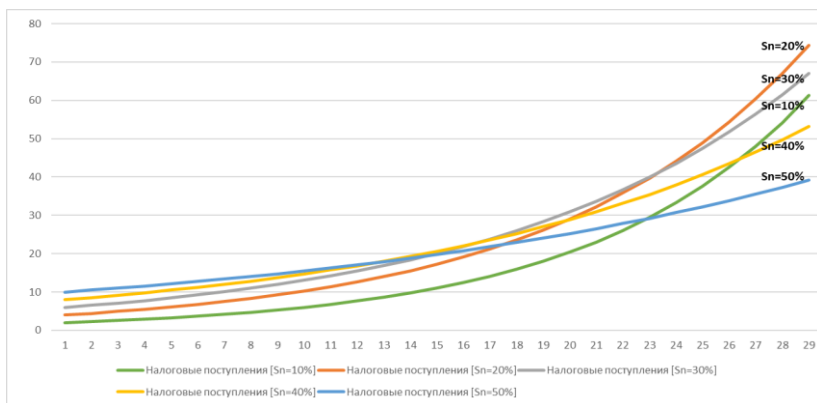


Рис. 5. Влияние налоговой ставки на динамику роста налоговых поступлений

Необходимо отметить, что ставка налога, в отличие от решений инвестора инвестировать полученные средства, регулируется государством. Этот процесс достаточно бюрократизирован, что связано с необходимостью учета множества экономических и социальных факторов.

3.5. СЦЕНАРИЙ РОСТА ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ДОЛИ ПРИБЫЛИ ИНВЕСТОРОВ (DPI).

Начальные параметры модели:

- Доход отрасли (DO) = 100 у.е.
- Доля прибыли инвесторов (Dpi) = 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.
- Ставка налога (Sn) = 20%.

- Рентабельность отрасли (R) = 20%.
- Коэффициент износа основных фондов ($KизF$) = 5%.
- Горизонт моделирования – 40 лет.

Описание сценария: данный сценарий моделирует влияние изменения доли прибыли, сохраняемой инвесторами, на темпы роста отрасли.

Целью является исследовать, как выбор стратегии инвесторов может ускорить или замедлить рост промышленности.

С увеличением доли прибыли (Dpi), сохраняемой инвесторами, $Kinv$ уменьшается, что увеличивает время удвоения доходов отрасли, см. таблицу 5. При $Dpi = 50\%$ время удвоения отрасли снижается до 24 лет. При $Dpi = 70\%$ и более отрасль полностью теряет потенциал роста, так как прибыль инвесторов направляется на накопление и частичное обновление фондов, а не на инвестиции в развитие. Результаты моделирования представлены в таблицах 5 и 6. В них зеленым цветом выделены оптимальные стратегии.

Таблица 5. Результаты моделирования (1–20 годы)

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Доходы инвесторов [Dpi=10%]	0	2	3	5	7	10	12	15	18	21	25	29	33	38	43	48	53	61	69	77
Доходы инвесторов [Dpi=20%]	0	3	7	10	14	19	23	28	34	40	46	53	60	68	76	86	95	106	118	130
Доходы инвесторов [Dpi=30%]	0	5	10	15	21	27	34	41	48	56	64	73	82	92	102	113	125	138	151	165
Доходы инвесторов [Dpi=40%]	0	6	13	20	27	35	43	51	60	69	79	89	100	111	122	134	147	160	173	188
Доходы инвесторов [Dpi=50%]	0	8	16	25	33	42	52	61	71	81	92	102	114	125	137	149	161	174	187	201
Доходы инвесторов [Dpi=60%]	0	10	19	29	39	49	60	70	81	91	102	113	124	136	147	159	171	183	195	207
Доходы инвесторов [Dpi=70%]	0	11	22	34	45	56	67	78	89	100	111	122	133	144	155	166	177	187	198	209
Доходы инвесторов [Dpi=80%]	0	13	25	38	50	62	73	85	96	107	118	129	139	150	160	170	179	189	198	208
Доходы инвесторов [Dpi=90%]	0	14	28	42	55	67	79	91	102	113	124	134	144	153	163	171	180	188	196	204
Доходы инвесторов [Dpi=100%]	0	16	31	46	59	72	85	97	108	118	128	138	147	156	164	172	179	186	193	199
Доход отрасли [Dpi=0%]	100	111	123	137	152	169	187	208	230	256	284	315	350	388	431	478	531	590	654	726
Доход отрасли [Dpi=10%]	100	109	120	131	143	157	171	188	205	224	246	269	294	322	352	385	421	461	504	551
Доход отрасли [Dpi=20%]	100	108	116	125	135	146	157	169	182	197	212	228	246	265	286	309	333	359	386	417
Доход отрасли [Dpi=30%]	100	106	113	120	127	135	143	152	162	172	182	194	206	219	232	247	262	278	295	314
Доход отрасли [Dpi=40%]	100	105	109	114	120	125	131	137	143	150	157	164	172	179	188	196	206	215	225	235
Доход отрасли [Dpi=50%]	100	103	106	109	113	116	119	123	127	130	134	138	143	147	151	156	160	165	170	175
Доход отрасли [Dpi=60%]	100	101	103	104	106	107	109	110	112	113	115	117	118	120	121	123	125	127	128	130
Доход отрасли [Dpi=80%]	100	98	96	95	93	91	90	88	86	85	83	82	80	79	78	76	75	73	72	71
Налоговые поступления [Dpi=0%]	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11	13	14	16	17	19	21	24	26	29
Налоговые поступления [Dpi=10%]	4	4	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	20	22
Налоговые поступления [Dpi=20%]	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	13	14	15	17
Налоговые поступления [Dpi=30%]	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	12	13
Налоговые поступления [Dpi=40%]	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
Налоговые поступления [Dpi=60%]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Налоговые поступления [Dpi=80%]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Налоговые поступления [Dpi=100%]	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Прибыль инвесторов [Dpi=10%]	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	9
Прибыль инвесторов [Dpi=20%]	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	11	11	12	13
Прибыль инвесторов [Dpi=30%]	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	12	13	13	14	15
Прибыль инвесторов [Dpi=40%]	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	13	13	14	14	15
Прибыль инвесторов [Dpi=50%]	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	14
Прибыль инвесторов [Dpi=60%]	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	13
Прибыль инвесторов [Dpi=70%]	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Прибыль инвесторов [Dpi=80%]	13	13	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9
Прибыль инвесторов [Dpi=90%]	14	14	13	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8
Прибыль инвесторов [Dpi=100%]	16	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6

Таблица 6. Результаты моделирования (21–40 годы)

Годы	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Доходы инвесторов [Dri=10%]	86	95	106	117	130	144	159	175	194	213	235	259	285	313	344	378	415	456	500	549
Доходы инвесторов [Dri=20%]	143	158	173	190	208	227	248	271	295	321	349	380	413	448	486	527	572	620	671	727
Доходы инвесторов [Dri=30%]	180	196	213	231	251	271	293	315	340	366	393	422	453	486	521	558	598	639	684	731
Доходы инвесторов [Dri=40%]	203	219	235	252	270	289	309	329	351	374	397	422	448	475	503	532	563	596	629	665
Доходы инвесторов [Dri=50%]	215	229	244	260	275	292	308	326	343	362	381	400	420	441	462	484	506	529	553	578
Доходы инвесторов [Dri=60%]	220	232	245	258	272	285	299	312	326	341	355	369	384	399	414	430	445	461	477	494
Доходы инвесторов [Dri=70%]	220	231	241	252	263	273	284	295	305	316	326	337	348	358	368	379	389	400	410	421
Доходы инвесторов [Dri=80%]	217	226	234	243	251	260	268	276	283	291	299	306	313	321	328	335	341	348	355	361
Доходы инвесторов [Dri=90%]	211	219	226	232	239	245	251	257	263	268	273	279	284	288	293	297	302	306	310	314
Доходы инвесторов [Dri=100%]	205	211	216	222	227	231	236	240	244	248	251	255	258	261	264	267	270	272	274	277
Доход отрасли [Dri=0%]	806	895	993	1103	1224	1359	1508	1674	1858	2062	2289	2541	2821	3131	3475	3857	4282	4753	5276	5856
Доход отрасли [Dri=10%]	603	660	722	790	864	945	1034	1131	1237	1354	1481	1620	1772	1939	2121	2321	2539	2777	3038	3324
Доход отрасли [Dri=20%]	449	484	522	563	607	654	705	760	819	883	952	1026	1106	1192	1285	1386	1494	1610	1736	1871
Доход отрасли [Dri=30%]	333	354	376	399	424	450	478	507	539	572	608	645	685	728	773	821	872	926	983	1044
Доход отрасли [Dri=40%]	246	257	269	281	294	308	322	337	352	368	385	403	422	441	461	483	505	528	552	578
Доход отрасли [Dri=50%]	181	186	192	197	203	209	216	222	229	236	243	250	258	265	273	281	290	299	307	317
Доход отрасли [Dri=60%]	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	163	165	167	170	172
Доход отрасли [Dri=80%]	70	68	67	66	65	64	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49
Налоговые поступления [Dri=0%]	32	36	40	44	49	54	60	67	74	82	92	102	113	125	139	154	171	190	211	211
Налоговые поступления [Dri=10%]	24	26	29	32	35	38	41	45	49	54	59	65	71	78	85	93	102	111	122	122
Налоговые поступления [Dri=20%]	18	19	21	23	24	26	28	30	33	35	38	41	44	48	51	55	60	64	69	69
Налоговые поступления [Dri=30%]	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23	24	26	27	29	31	33	35	37	39	39
Налоговые поступления [Dri=40%]	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	21	22	22
Налоговые поступления [Dri=60%]	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Налоговые поступления [Dri=80%]	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Налоговые поступления [Dri=100%]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Прибыль инвесторов [Dri=10%]	10	11	12	13	14	15	17	18	20	22	24	26	28	31	34	37	41	44	49	49
Прибыль инвесторов [Dri=20%]	14	15	17	18	19	21	23	24	26	28	30	33	35	38	41	44	48	52	56	56
Прибыль инвесторов [Dri=30%]	16	17	18	19	20	22	23	24	26	27	29	31	33	35	37	39	42	44	47	47
Прибыль инвесторов [Dri=40%]	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	34	35	35
Прибыль инвесторов [Dri=50%]	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	25
Прибыль инвесторов [Dri=60%]	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16
Прибыль инвесторов [Dri=70%]	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10
Прибыль инвесторов [Dri=80%]	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6
Прибыль инвесторов [Dri=90%]	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Прибыль инвесторов [Dri=100%]	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2

Таблица 7. Расчетный коэффициент инвестиций K_{inv} и время удвоения отрасли.

Доля прибыли инвесторов, %	K_{inv} , %	Время удвоения отрасли, лет
0	11	7
10	9	8
20	7,8	9
30	6,2	12
40	4,6	16
50	3	24
60	1,4	50
70	-1,8	Отрасль сокращается
80	-2,2	Отрасль сокращается
90	-4,6	Отрасль сокращается
100	-5	Отрасль сокращается

Подробно остановимся на краткосрочной и долгосрочной стратегиях.

Краткосрочная стратегия: горизонт планирования 15 лет. На горизонте планирования до 15 лет инвесторам выгодно установить максимальное значение доли своей прибыли (Dpi), приближенное к 100%. В таком случае вся прибыль накапливается и инвестор получает максимальную краткосрочную выгоду, так как доходы практически не реинвестируются, а остаются в его распоряжении. При этом возвращение промышленности не является приоритетом, и отрасль остается без развития. Это позволяет инвестору получить максимальную прибыль в короткий срок на горизонте до 16 лет, особенно если его цель – быстрое извлечение дохода без долгосрочного участия в отрасли.

Из таблицы 5 видно, что при $Dpi = 100\%$ совокупный доход инвесторов за 15 лет будет равен 164 у.е., при стратегии сохранения только 20% совокупный доход в 2 раза меньше – 76 у.е. Тогда как ежегодно получаемая прибыль инвесторов при $Dpi = 100\%$ на 15 год составит 8 у.е., при 20% – 9 у.е.

Однако в долгосрочной перспективе такие инвесторы проигрывают, поскольку время удвоения доходов отрасли замедляется, а возможность получения более высоких доходов в будущем упускается.

Для примера, на 30 год совокупный доход инвесторов при $Dpi = 100\%$ составит 248 у.е против 321 у.е при $Dpi = 20\%$. Тогда как ежегодно получаемая прибыль инвесторов при $Dpi = 100\%$ на 30 год составит 4 у.е., при 20% – 28 у.е., в 7 раз больше.

Долгосрочная стратегия: горизонт планирования 20 лет и более.

В долгосрочной перспективе картина меняется. При (Dpi), близком к 0%, происходит быстрое возвращение промышленности, что не только стимулирует экономическое развитие, но и повышает налоговые поступления.

Долгосрочные инвесторы с низким значением Dpi хотя и получают меньшую прибыль на раннем этапе (до 15 лет), вкладывают средства в развитие отрасли, что позволяет добиться ускоренного роста. В результате к горизонту 20–40 лет такие инвесторы получают кратно выше доходы, что подтверждается моделированием.

Что касается выбора оптимальной стратегии государства то моделирование показало, что государству выгодно, чтобы инвесторы выбирали минимальное значение $Dpi = 0\%$, поскольку это обеспечивает максимальный объем реинвестирования прибыли в основные фонды и способствует ускоренному росту отрасли и, как следствие, – увеличению ежегодных налоговых поступлений.

Вывод: результаты моделирования подчеркивают, что горизонт планирования инвесторов играет ключевую роль в определении будущего потенциала промышленности и объемах поступающих средств в бюджет государства. Краткосрочным инвесторам оптимально извлекать выгоду за счет высокой прибыли в ближайшие годы, однако такая стратегия препятствует формированию устойчивого и ускоренного роста промышленности. В противоположность этому долгосрочные инвесторы с низкой долей прибыли вкладывают средства в развитие основных фондов возвращая промышленность, что позволяет отрасли расти ускоренными темпами и приносит более высокую прибыль в долгосрочной перспективе. Государству выгодны долгосрочные инвесторы, поскольку их инвестиции способствуют росту промышленного потенциала, доходов и увеличению налоговых поступлений в бюджет.

Кроме того, результаты моделирования выявили оптимальную долгосрочную стратегию для инвесторов, а именно: стратегия «80 на 20», при которой 80% чистой прибыли направляется на инвестиции, а оставшиеся 20% остаются в распоряжении инвесторов, является оптимальной для обеспечения устойчивого и ускоренного роста.

4. Заключение

Предложенная модель дополняет существующие подходы в теории управления за счет введения нового коэффициента инвестиций (K_{inv}), который отражает долю дохода, направляемую на развитие основных фондов, а также позволяет определить время удвоения дохода отрасли.

Одной из ключевых находок модели является влияние горизонта планирования на выбор оптимальных стратегий как инве-

стором, так и государства. Краткосрочные стратегии приносят быструю выгоду, но ограничивают возможности для долгосрочного роста. В то же время долгосрочное планирование позволяет не только быстрее возвращать промышленность, но и увеличивать налоговые поступления, что является важным фактором для государственного бюджета.

Результаты моделирования показали, что в основе любой промышленной отрасли заложен потенциал роста, однако этот рост не происходит мгновенно и требует значительного времени и усилий для его реализации. Первоначальные инвестиции и накопление капитала формируют фундамент для ускоренного роста в будущем. Если инвесторы по каким-либо причинам не раскрывают этот потенциал, например из-за выбора краткосрочной стратегии или недостаточной рентабельности, государство может вмешаться и создать стимулы к реализации стратегий, направленных на долгосрочное развитие. В таких условиях государственная политика играет важнейшую роль в обеспечении необходимых условий для ускоренного роста.

Таким образом, долгосрочные стратегии, поддерживаемые оптимальной налоговой политикой и модернизацией основных фондов, способны обеспечить устойчивый рост и повышение конкурентоспособности промышленности на глобальной арене.

Можно заключить, что оптимальное состояние системы достигается в зоне стратегического компромисса, при котором государство снижает налоговую нагрузку (наиболее сбалансированная налоговая ставка в районе 20%) и стимулирует инвестора к реинвестированию части прибыли не менее 80%, оставляя в его распоряжении около 20%. Эти значения позволяют одновременно удовлетворить интересы обеих сторон, а также формируют устойчивую базу для ускоренного промышленного развития.

Вместе с тем долгосрочные инвестиционные стратегии связаны с такими рисками и неопределенностями для самих инвесторов, как изменение социально-экономической или политической ситуации. Поэтому важно в дальнейшем исследовать механизмы, которые помогут минимизировать эти риски для обеспечения стабильного роста. Будущие исследования могут включать применение модели к российским реалиям, что позволит

адаптировать подходы для специфики отечественной экономики. Также стоит обратить внимание на международный опыт, где различные стратегии государств и инвесторов способствовали ускоренному росту отраслей. Это может помочь в разработке эффективных решений для российской промышленности.

Литература

1. *Исследование социально-экономических и политических процессов : учебник* // Под ред. А.Н. Данчула. – М.: Изд-во РАГС, 2010. – С. 269–408.
2. ПЕТРОВ А.А., ПОСПЕЛОВ И.Г., ШАНАНИН А.А. *Опыт математического моделирования экономики*. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – С. 17-117.
3. СНЕТКОВ Н.Н. *Имитационное моделирование экономических процессов*. Учебно-практическое пособие. – М.: Изд. Центр ЕАОИ, 2008.
4. ЦИСАРЬ И.Ф. *Моделирование экономики в Ithink_Stella: кризисы, налоги, инфляция, банки*. М.: Изд-во Диалог-МИФИ, 2009.
5. ФОРРЕСТЕР Д. *Основы кибернетики предприятия*. – М.: Прогресс, 1971.
6. ФОРРЕСТЕР Д. *Динамика развития города*. – М.: Прогресс, 1974.
7. SOLOW R.M. *Contribution to the theory of economics growth* // Quarterly Journal of Economics, 1956.

SYSTEM DYNAMIC MODEL OF INDUSTRY: GROWTH FACTORS AND ANALYSIS OF OPTIMAL STRATEGIES

Viktor Tsvetkov, The Office of the Government of the Russian Federation, Moscow, Chief Advisor (Tsvetkov.dinamika@internet.ru).

Abstract: The paper presents a system dynamic model of economic flows in industry developed in IThink. The model allows one to study the influence of investor strategies and state tax policy on industrial growth rates taking into account depreciation of fixed assets and profitability. Modeling has shown that industry is based on the potential for nonlinear growth, but acceleration requires significant time and conditions. An important factor is the level of wear: with high depreciation, a significant part of investments is directed to maintaining capacities, and only net investments

ensure expansion. It has been revealed that the effectiveness of state policy is determined by the planning horizon: with a short-term horizon (up to 15 years), it is profitable for the state to set high taxes, but with an increase in the horizon to 30 years, the situation changes - a tax rate of 20% becomes optimal, contributing to the growth of the industry and tax revenues. The key factor of growth is the behavior of investors: with a short-term strategy, they accumulate profits, but lose growth potential and receive significantly less profit in the long term. Long-term strategies of investors allow for a multiple increase in total income. Such investors are beneficial to the state, since they contribute to the sustainable growth of the industry, modernization, and an increase in the tax base. Thus, the coordination of long-term strategies of the state and investors is a condition for industrial development.

Keywords: system dynamics, industrial growth, investment strategies, planning horizon.

УДК 338.26 + 303.732.4

ББК 65.054

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии Р.М. Нижегородцевым.*

*Поступила в редакцию 30.10.2024.
Опубликована 31.07.2025.*