

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ
КАФЕДРА СИСТЕМНОЙ ИНТЕГРАЦИИ И МЕНЕДЖМЕНТА

На правах рукописи

Сысо Павел Александрович

**ЭНДОГЕННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ПРОГРЕСС
В МОДЕЛЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА**

магистерская диссертация

Руководитель

кандидат филологических наук,
доцент Рыков Владимир Васильевич

Рецензент

академик МАИ,
Юровицкий Владимир Михайлович

Москва 2007

Содержание

1	Введение	3
2	Распространение инноваций	7
2.1	Процесс распространения инноваций, заданный экзогенно .	7
2.2	НТП, воплощенный в средствах производства	11
2.3	Факторы, определяющие скорость внедрения инноваций	13
2.4	Оптимальное время внедрения инновации	15
2.4.1	Описание модели	15
2.4.2	Наличие конкуренции	17
2.4.3	Авторские отчисления	18
2.4.4	Снижение стоимости внедрения	19
2.4.5	Субсидирование инновационной деятельности	20
2.4.6	Результаты модели	20
3	Учет в производственной функции человеческого капитала	22
3.1	Описание модели	22
3.2	Установившееся состояние	23
3.3	Динамика перехода к установившемуся состоянию	23
4	Модель креативного разрушения	25
4.1	Описание основной модели	25
4.2	Модель Агийона-Ховитта	27
4.2.1	Задача монополиста	28
4.2.2	Сектор НИОКР	29
4.2.3	Устойчивое равновесие	30
4.2.4	Сбалансированный рост	32
4.2.5	Задача социального планирования	33
4.2.6	Оптимальный размер инноваций	33
4.3	Причины неравенства в оплате труда	34
4.3.1	Межгрупповое неравенство	35
4.3.2	Внутригрупповое неравенство	39

5	Модели Ромера и Джонса	43
5.1	Установившееся состояние	44
5.2	Временный эффект от увеличения инвестиций в НИОКР .	45
5.3	Модель глобализации знаний	47
5.3.1	Установившееся состояние	49
6	Влияние структуры рынка на инновационную активность предприятий	51
7	Модель роста с эндогенным заданием процессов создания и распространения знаний	53
7.1	Основная модель	53
7.2	Установившееся состояние	57
7.3	Временные переходные процессы	59
7.4	Эндогенная скорость распространения знаний	63
7.5	Количественный анализ	63
7.5.1	Описание данных	64
7.5.2	Методика оценки научно-технического прогресса . .	64
7.5.3	Эмпирическая модель	65
7.5.4	Регрессионный анализ	67
7.6	Обсуждение результатов	68
8	Заключение	72
A	Приложение. Основные понятия	74

1 Введение

На протяжении последнего десятилетия экономический рост в России обеспечивается за счет дешевого сырья и рабочей силы. Однако экономический эффект от обоих этих факторов постепенно ослабевает. Переход на инновационный путь развития открывает новые горизонты для поддержания высоких темпов экономического роста и способствует преодолению отставания экономики России от развитых мировых экономик.

Экономики стран ОЭСР как никогда раньше зависимы от производства, распространения и использования знаний. Но только за последние несколько лет стала очевидной важность знаний, как и то, что эта важность всё возрастает.

Но если в развитых странах инновационная составляющая органически встроена в процесс расширенного воспроизводства, то у нас – все еще чужеродное тело. Колоссальное количество знаний и изобретений, созданных еще в советское время, остается не востребованным национальной экономикой и представляет собой лишь потенциальное богатство.

Знания находят свое материальное воплощение в созданных на их основе орудиях производства и технологиях. Для уже созданной технологии, машин, оборудования это в основном кодифицированные знания. Оборудование, технологии и основной капитал (основные фонды, в том числе основные производственные фонды) определяют соотношение между факторами производства – трудом и капиталом. Все это находит свое отражение в производственной функции.

Знания и человеческий опыт непосредственно используются в процессе создания добавленной стоимости. При этом возрастает роль неявных (неотделимых) знаний, которые в сочетании с уже накопленными знаниями, кодифицируемыми, позволяют повысить эффективность производства.

1.1 Актуальность

Хотя научные знания уже долгое время играют важную роль в экономическом росте развитых стран, именно сейчас экономисты ищут способы более адекватного включения знаний и технологий в свои теории и модели, что даже привело к возникновению “Новой теории роста”, которая представляет попытку понять роль научного знания и технологий как

движущей силы повышения производительности и экономического роста.

Таким образом, исследование научно-технического прогресса, способов его измерения и характера воздействия на производительность и экономический рост является серьезной и актуальной исследовательской задачей как для российского, так и для мирового научного сообщества.

1.2 Объекты исследования

Объектами исследования настоящей работы являются российские промышленные предприятия.

1.3 Цель работы

Целью написания данной работы было объяснение различий в уровнях технологического развития российских предприятий.

1.4 Задачи

- Сбор моделей, описывающих протекание инновационного процесса на стадиях создания знаний, инициации инноваций, их распространения и влияния как на основные факторы производства (труд, основной капитал), так и на выпуск экономики в целом. Обзор моделей представлен в разделах 2-6, ниже приводится краткое описание содержания разделов.
- Знания материализуются с некоторым лагом в инновационных продуктах, технологиях и услугах. И этот лаг должен быть учтен в соответствующих производственных функциях. Поэтому следующим этапом было составление собственной аналитической модели, учитывающей характер накопления знаний, зарождения инноваций, стохастический характер внедрения и воздействия на конечный выпуск предприятия.
- Эмпирический анализ, включающий следующие этапы:
 - оценку уровня научно-технического развития предприятия;
 - построение гипотез относительно факторов, влияющих на уровень научно-технического развития предприятий;

– регрессионный анализ зависимости уровня научно-технического развития предприятий от выбранных факторов.

В разделе 2 собраны модели, описывающие процесс распространения инноваций, их оптимальное время внедрения, факторы, определяющие скорость внедрения.

В разделе 3 приведена модель, в которой человеческий капитал рассматривается в качестве одного из основных факторов производства. Исследования Мэнкью Г., Ромера Д. и Вейла Д. [14] показали, что спецификация данной модели обеспечивает прекрасное эмпирическое объяснение выпуска при межстрановом анализе.

В разделе 4 были рассмотрены модели, основанные на теории “креативного разрушения” Шумпетера. В моделях была обнаружена зависимость между количеством квалифицированных кадров, занятых исследованиями, в текущем периоде от их ожидаемого количества в будущем периоде, причем эта зависимость отрицательного характера. Здесь также было предложено объяснение для роста неравенство в оплате труда как между группами квалифицированных и неквалифицированных работников, так и внутри группы квалифицированных работников.

В разделе 5 представлена, на мой взгляд, наиболее существенная модель с эндогенным заданием научно-технического прогресса. Данная модель нашла применение при объяснении долгосрочного роста производительности в США (1950–2000гг.).

Принятие управленческих решений обуславливается ситуацией на рынке. Таким образом, при исследовании инновационной активности предприятия помимо внутренних характеристик данного предприятия следует учитывать характеристики рынка, отрасли его функционирования. В разделе 6 приведены результаты эмпирического исследования следующих гипотез: (1) степень влияния затрат на НИОКР на производство инновационной продукции обусловлена характеристиками структуры рынка; (2) инновационная активность малых и крупных фирм отвечает различным технологическим и экономическим режимам.

В модель были включены следующие процессы, приводящие к росту производительности труда: аккумулялирование знаний, освоение (внедрение) инноваций и выпуск конечной продукции.

В разделе 7 представлен результат моего исследования: построена и исследована аналитическая модель, задающая уровень научно-технического

развития предприятия и включающая такие стадии инновационного процесса как аккумуляция знаний, освоение (внедрение) инноваций. В модели учтен стохастический характер процесса внедрения инноваций. Процесс внедрения характеризуется пуассоновской частотой поступления инноваций, которая может зависеть от уровня конкуренции в отрасли, размера предприятия, численности квалифицированного персонала на предприятии, капиталовооруженности и амортизационных расходов. В работе проведен качественный анализ данной модели. С помощью пакета Mathcad модель была реализована на компьютере. Это нам дало больше возможностей для исследования модели и позволило пронаблюдать поведение системы при переходе к новому устойчивому состоянию. В эмпирической части были проверены гипотезы относительно характера зависимости уровня научно-технического развития предприятия.

Для решения задач моделирования применялся математический пакет Mathcad 13. Эмпирический анализ был произведен на основе методов анализа панельных данных с помощью пакета для эконометрического анализа Stata/SE 8.0.

2 Распространение инноваций

Научно-технический прогресс в моделях экономического роста учитывается либо путем введения тренда в производственную функцию, либо посредством введения определенных гипотез о характере воздействия новых технических знаний на экономические показатели. При этом природа действительных изменений, происходящих в экономической системе, остается скрытой от исследователя. Мы не можем сказать каким образом и с какой скоростью протекают процессы в системе под влиянием научно-технического прогресса. По причине совместного воздействия прямых и обратных эффектов на экономическую систему становится затруднительно определять причинно-следственные связи от изменения тех или иных показателей системы. Тем самым научно-технический прогресс является причиной структурных сдвигов в экономической системе, но в то же время определяет экономический рост системы.

2.1 Процесс распространения инноваций, заданный экзогенно

Учет фактора времени при оценке воздействия научно-технического прогресса на показатели экономического роста может быть основан на исследовании динамики процесса распространения инноваций (вводе и выбытии машин и оборудования, новых организационных методов и т.д.). Анализ динамики распространения инноваций позволяет сделать вывод о том, что эта динамика может быть представлена логистической кривой.

Типичный процесс распространения инноваций происходит монотонно и постепенно заканчивается на некотором максимальном уровне. Обычно выделяют три участка распространения инноваций: (1) начальный, определяется скоростью наступления экономической целесообразности распространения достижений НТП; (2) максимальной скорости распространения; (3) этап насыщения. Для их аппроксимации удобно использовать функцию вида:

$$y_t = m(1 - e^{-\alpha t}), \quad (1)$$

где m – максимальное значение показателя при $t \rightarrow \infty$, α – характеристика скорости распространения инноваций в момент времени $t = 0$ (начало этапа распространения инноваций). Из вида выражения для скорости распространения: $dy/dt = \alpha(m - y)$ можно заключить, что на начальном

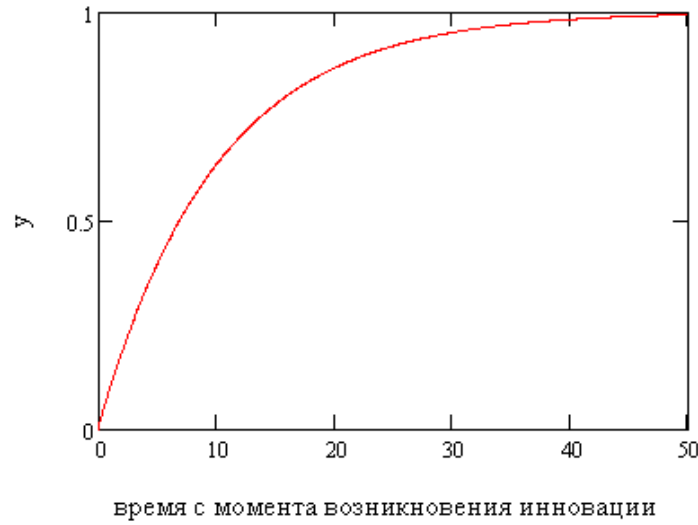


Рис. 1. Динамика распространения инновации ($\alpha = 0.1$, $m = 1$)

этапе она максимальна, а далее затухает. Динамика распространения, соответствующая выражению (1), изображена на Рис. 1.

В действительности же процесс распространения инноваций может сопровождаться сменой этапов развития различных его составляющих (т.к. распространение прогрессивной технологии часто происходит совместно со сменой реализующих ее машин и оборудования). В результате смены этапов научно-технического прогресса на более низких уровнях агрегирования происходит чередование замедления и ускорения распространения инноваций.

Характерное время распространения инноваций в производстве можно определить как $t_p \approx 2/\alpha$. При $t = t_p$ величина распространения инноваций равна 86% (уровень распространения $0.86m$). На практике характеристика скорости распространения α может быть оценена по двум точкам кривой распространения следующим образом:

$$\alpha = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{m - y(t_1)}{m - y(t_2)}, \quad t_2 > t_1.$$

Применим функцию (1) с тем, чтобы получить аналитическую зависимость для описания суммарного эффекта от нескольких последовательных процессов распространения инноваций. Итак, предположим, что инновации дают одинаковый экономический эффект и распространяются

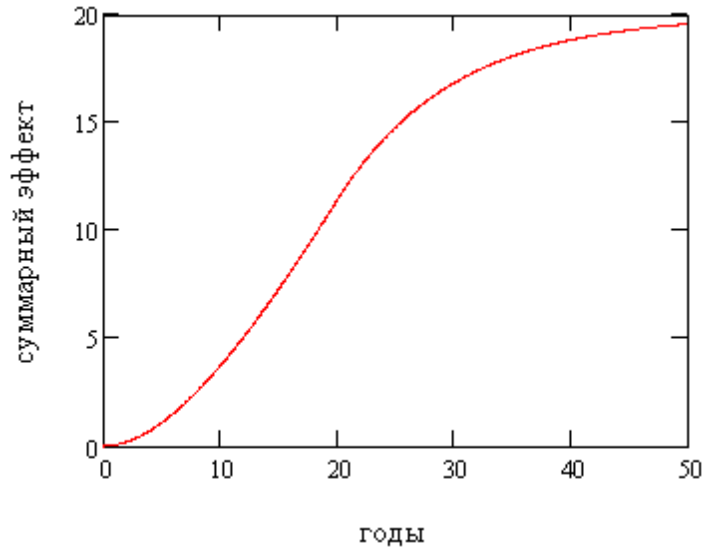


Рис. 2. Суммарный экономический эффект от серии последовательных инноваций в течение периода T ($T = 20$, $\alpha = 0.1$, $m = 1$)

последовательно в течение периода времени T (то есть каждый год в течение периода T появляется одно нововведение). При $t > T$ появившиеся ранее инновации продолжают свое распространение, но новые инновации уже не возникают. Суммарный экономический эффект от распространения всех инноваций имеет вид суммы $S(t)$:

$$S(t) = \begin{cases} \sum_{i=0}^t y(t-i), & t \leq T \\ \sum_{i=0}^t y(t-i) - \sum_{i=T}^t y(t-i), & t > T \end{cases} \quad (2)$$

Подставив выражения для $y(t)$ (см. формулу (1)) в (2) получим:

$$S(t) = \begin{cases} mt - \frac{m}{\alpha}(1 - e^{-\alpha t}), & t \leq T \\ mT - \frac{m}{\alpha}e^{-\alpha t}(e^{\alpha T} - 1), & t > T \end{cases} \quad (3)$$

Формула (3) может быть использована в качестве характеристики суммарного эффекта от последовательно распространяемых инноваций с одинаковым экономическим эффектом. Графическое представление суммарного экономического эффекта представлено на Рис. 2, напоминает

логистическую кривую. Обобщим результат на случай, когда экономический эффект от последовательных инноваций различен. Суммарный эффект $S(t)$ будет равен:

$$S(t) = \begin{cases} \sum_{i=0}^t a_i y(t-i), & t \leq T \\ \sum_{i=0}^t a_i y(t-i) - \sum_{i=T}^t a_i y(t-i), & t > T \end{cases},$$

где a_i – весовые коэффициенты, характеризующие различия в экономической эффективности инноваций.

Для получения аналитической зависимости можно предположить, что весовые коэффициенты a_i являются случайными величинами с одинаковым математическим ожиданием $E[a_i] = a$. Тогда выражение для математического ожидания суммарного эффекта $S(t)$ будет аналогично (3). Таким образом, формулу (3) можно применять для получения приближенного эффекта от распространения большого числа инноваций при условии, что параметры инновационных процессов близки.

Для практического применения данной формулы нужно выделить кластеры нововведений в соответствии со скоростью их распространения, экзогенно задать период времени T , в течение которого начинается распространение инноваций одной группы, а также момент времени t_0 , характеризующий начало наступления этого периода. Например, в работе Варшавского [1] были выделены три группы инноваций на трех уровнях: макро-уровне, отраслевом и на уровне укрупненных технологий. Было предложено использовать производственные функции следующего вида:

$$Y_t = A(t)L_t^\alpha K_t^{1-\alpha},$$

где $A(t)$ характеризует скорость распространения инноваций и имеет вид:

$$A(t) = A_0 \exp\left(\sum_{i=1}^3 k_i S_i\right),$$

где k_1, k_2, k_3 – постоянные положительные коэффициенты, характерные для трех групп инноваций.

$$S_i = S_i(\alpha_i, T_i, t_{0i}, t), \quad i = 1, 2, 3,$$

где α_i – показатель скорости распространения инноваций группы i , T_i – период интенсивного появления инноваций, t_{0i} – момент начала периода T_i , t – текущий момент времени.

Исходя из вида формулы (3) функцию S_i можно выразить следующим образом (для $m = 1$):

$$S_i = 1/\alpha_i[\alpha_i(t - t_{0i}) - 1 + e^{-\alpha_i(t-t_{0i})}], \quad t < t_{0i} + T_i, \quad i = 1, 2, 3.$$

Представим функцию $A(t)$ в виде:

$$A(t) = A_0 e^{\lambda(t)t},$$

где $\lambda(t)$ – темп технического прогресса, переменный во времени.

$$\lambda(t) = (k_1 S_1 + k_2 S_2 + k_3 S_3)/t.$$

Таким образом, мы пришли к формуле, учитывающей неидентифицируемые факторы научно-технического прогресса в производственной функции. В данной формуле экономическая динамика определяется путем экзогенного задания параметров процесса распространения инноваций (α_i , $i = 1, 2, 3$).

2.2 НТП, воплощенный в средствах производства

Солоу был предложен метод учета научно-технического прогресса в средствах производства: машинах и оборудовании. Научно-технический прогресс, воплощенный в капитальных активах, был назван овеществленным. Альтернативный метод использования научно-технических усовершенствований относится к неовеществленному научно-техническому прогрессу. То есть к неовеществленному техническому прогрессу относятся все связанное с маркетинговыми и организационными инновациями.

В модели предполагается, что НТП воплощен в основном капитале $K(t, v)$, введенном в год v и затем выбывающем со временем, $t \geq v$. С этим капиталом связано количество занятых $L(t, v)$ и объем, производимой с его помощью продукции $Y(t, v)$. Производственная функция для введенного в год v капитала имеет следующий вид:

$$Y(t, v) = A_0 e^{\lambda v} L^\alpha(t, v) K^\beta(t, v),$$

где $\exp^{\lambda v}$ – характеристика технического уровня основного капитала, введенного в год v .

Чтобы перейти к полному объему выпуска Y_t , совокупной величине производственных фондов K_t и общей численности занятых L_t , достаточно проинтегрировать соответствующие функции по dv :

$$Y_t = \int Y(t, v) dv, \quad K_t = \int K(t, v) dv, \quad L_t = \int L(t, v) dv.$$

Предположим, что соотношение средней производительности труда и предельной производительности остается постоянным (тогда говорят, что технический прогресс нейтрален по Солоу). Таким образом, производительность труда является функцией, зависящей только от времени:

$$\frac{Y(t, v)}{L(t, v)} = \frac{Y_t}{L_t} = a_t.$$

Следовательно, выражение для производственной функции может быть представлено в следующем виде:

$$Y(t, v) = A_0 e^{\lambda v} (Y(t, v)/a_t)^\alpha K^\beta(t, v),$$

↓

$$Y(t, v) = A_0^{\frac{1}{1-\alpha}} e^{\frac{\lambda}{1-\alpha} v} a_t^{-\frac{\alpha}{1-\alpha}} K^{\frac{\beta}{1-\alpha}}(t, v).$$

Проинтегрируем полученное выражение по dv , чтобы найти Y_t :

$$Y_t = A_0^{\frac{1}{1-\alpha}} a_t^{-\frac{\alpha}{1-\alpha}} \int_0^t e^{\frac{\lambda}{1-\alpha} v} K^{\frac{\beta}{1-\alpha}}(t, v) dv. \quad (4)$$

Так как $a_t = Y_t/L_t$, подставим его в (4) и получим выражение для совокупной производственной функции:

$$Y_t = A_0 e^{\lambda t} L_t^\alpha (K_t^*)^{1-\alpha},$$

где $K_t^* = \int_0^t e^{-\frac{\lambda}{1-\alpha}(t-v)} K^{\frac{\beta}{1-\alpha}}(t, v) dv$.

Существенный интерес для исследования динамических свойств системы представляет величина K_t^* . Для упрощения модели, предположим, что $\beta = 1 - \alpha$, а объем основных фондов со временем уменьшается из-за выбытия основного капитала. Предположим, что выбытие капитала происходит по экспоненциальному закону:

$$K(t, v) = K(v, v) e^{-\mu(t-v)},$$

где μ – параметр, характеризующий скорость выбытия основного капитала ($\mu = const$). $K(v, v)$ – объем производственных фондов, введенных в момент времени v , иначе объем инвестиций, произведенных в момент v .

С учетом сделанных предположений выражение для K_t^* примет вид:

$$K_t^* = \int_0^t h(t-v)K(v, v) dv,$$

где $h(t-v) = e^{-\delta(t-v)}$, $\delta = \mu + \frac{\lambda}{1-\alpha}$.

2.3 Факторы, определяющие скорость внедрения инноваций

Наблюдения за инновационной деятельностью компаний показали, что одни фирмы намного опережают другие в применении передовых инновационных технологий в производстве. В работе [15] был сделан ряд предположений относительно факторов, влияющих на восприимчивость компаний к появлению новых технологий.

Интервал времени с появления инновации до ее внедрения на фирме обратно пропорционален **размеру фирмы**. Это связано с рядом причин:

- Издержки и риски, связанные с внедрением новой технологии, для малых фирм существенно выше, нежели для больших: крупные фирмы обладают большим объемом финансовых ресурсов, которые можно направить на инвестиции в инновации; в крупных фирмах больше инженеринговых отделов, лучше условия для проведения экспериментирования, более тесные связи с производителями оборудования. Крупным фирмам роль первопроходцев в использовании инновации обходится дешевле.
- В крупных компаниях шире спектр деятельности, следовательно, выше шансы того, что инновация в данной компании окажется востребована. Это достаточно важный фактор, так как возникновением инновации сфера ее применимости весьма часто ограничена. А дальнейшее ее усовершенствование, увеличивающее степень полезности, займет некоторое время.

- Крупные фирмы имеют много единиц разнообразного оборудования. Для крупных фирм более вероятно, что рано или поздно возникнет необходимость замены оборудования.

Сделанное предположение подтверждается результатом нижеизложенной модели.

Пусть на рынок поступил новый тип оборудования, и j -я фирма обладает a_j единицами данного оборудования, a_j будет воспринимать в качестве индикатора размера фирмы. Пусть x_{ij} – интервал времени с появления на рынке инновации до того момента, как j -я фирма установила i -ю единицу оборудования данного типа ($i = 1, \dots, a_j$). x_{ij} – случайная величина с функцией распределения $F(x)$ (время, прошедшее до установки одной единицы, не зависит от времени до установки другой). Ожидаемый интервал времени до внедрения инновации фирмой размера a выражается следующим образом:

$$\bar{X}_a = \int_0^M x(1 - F(x))^{a-1} F'(x) dx = \int_0^M (1 - F(x))^a dx,$$

где M – максимальное значение x_{ij} .

$$\bar{X}_a - \bar{X}_{a+1} = \int_0^M (1 - F(x))^a F(x) dx > 0, \quad (5)$$

$$[\bar{X}_a - \bar{X}_{a+1}] - [\bar{X}_{a+1} - \bar{X}_{a+2}] = \int_0^M (1 - F(x))^a F^2(x) dx > 0, \quad (6)$$

Из выражений (5) и (6) следует, что с увеличением размера фирмы интервал времени до внедрения инновации сокращается с убывающим темпом.

Интервал времени обратно пропорционален **рентабельности инвестиций в инновацию**. Ожидаемая высокая доходность использования инновации сокращает интервал до ее внедрения. Если же эта доходность не достаточно высока, то фирма будет ждать, пока риски не снизятся до уровня, когда инвестициям будет гарантирована сохранность.

Вышеизложенные гипотезы получили свое эмпирическое подтверждение в рамках следующей модели:

$$d_{ij} = Q_i H_{ij}^{\alpha_{i2}} S_j^{\alpha_3} e_{ij}^{\varepsilon}, \quad \alpha_{i2}, \alpha_3 < 0,$$

где d_{ij} – интервал времени, прошедший до внедрения i -й инновации фирмой j ; S_j – размер фирмы; H – рентабельность инвестиций в инновацию; ε_{ij} – случайная ошибка; Q_i – коэффициент масштаба, различающийся от инновации к инновации.

Исследования, проведенные с использованием данных распределения 14 крупных инноваций, позволили получить оценки коэффициентов α_{i2} и α_3 . $\alpha_3 \approx -0.4$, однако случаются некоторые отраслевые особенности: в некоторых отраслях внедрение инновации происходит тем быстрее, чем меньше размер фирмы. Это объясняется с наличием на рынке высокой конкуренции и низкой стоимостью внедрения. Значение α_{i2} лежит в широком отрицательном интервале и изменяется в зависимости от типа инновации.

2.4 Оптимальное время внедрения инновации

Появление на свет инновации не всегда можно назвать своевременным, инновация может не оправдать финансовых затрат на ее разработку и внедрение. Предположим, что мы имеем дело с инновацией, снижающей издержки производства какого-либо вида продукции. Однако выгоды от внедрения такой инновации в производстве не покрывают всех затрат ее внедрения. Предположим, что спрос на рассматриваемый вид продукции растет. Следовательно, в определенный момент времени внедрение инновации окажется рентабельным. В своей работе Барзель [11] предложил модель, определяющую оптимальный момент внедрения инновации.

2.4.1 Описание модели

Предположения модели:

1. Капитальные затраты на разработку инновации постоянны и равны I долл.
2. Инновация снижает издержки производства каждой единицы выпуска на k долл., не влияя на качество производимого товара.
3. Спрос на выпускаемый товар x_0 в начальный момент времени ($t = 0$), и предполагается, что спрос растет с постоянным темпом p ($x_t = x_0 e^{pt}$).
4. Авторские отчисления установлены на уровне $h = k$ долл. за единицу выпуска. Если инновация используется в начальный момент

времени, то суммарные авторские отчисления за этот период составят $hx_0 = S_0$.

5. Только один инноватор ассоциируется с данной инновацией.
6. Постоянная ставка дисконтирования равна r .
7. Характеристики системы широко известны.

Предположение 4 означает совпадение авторских отчислений со сбережениями в результате использования инновации в производстве. Покупатели не испытывают на себе выгоды от внедрения инновации, все плоды пожинает инноватор. Следовательно, и условия поставки товара и равновесная цена остаются неизменными.

Так как выгоды от инновации распределяются во времени, а инвестиции в инновацию могут быть осуществлены в будущем, то для измерения доходности инновации будем применять суммарную приведенную стоимость R_0 , которая представлена разностью между дисконтированным потоком выгод, имеющим темп роста p , и дисконтированной величиной инвестиций. Пусть инвестиции в инновацию планируется осуществить в момент t , тогда приведенная стоимость инновации:

$$R_0 = \int_t^{\infty} S_0 e^{-(r-p)\tau} d\tau - I e^{-rt} \quad (7)$$

Из вида выражения (7) следует, что если $p \geq r$, приведенная стоимость будет стремиться к бесконечности, но это невозможно экономически. Если же принять $p < r$, то после интегрирования выражение (7) представится в виде:

$$R_0 = \frac{S_0 e^{-(r-p)\tau}}{r-p} - I e^{-rt} \quad (8)$$

Оптимальное время внедрения инновации, максимизирующее приведенную стоимость, задается формулой следующего вида:

$$t(m) = \frac{\ln r + \ln I - \ln S_0}{p} \quad (9)$$

Выражение (9) для $p = 0$ не определено. Когда $p < 0$ (спрос падает), $t(m) < 0$ (инновацию следовало внедрить в прошлом). Если значение p находится в интервале $0 < p < r$, то можно сделать следующие выводы

относительно оптимального момента времени для внедрения инновации: (а) чем выше начальные выгоды S_0 и больше темп их роста p , тем меньше значение $t(m)$, следовательно, тем раньше следует внедрять инновацию; (б) чем больше величина требуемых инвестиций I и выше ставка дисконтирования r , тем позже оптимальный момент внедрения инновации.

В точке максимума приведенной стоимости инновации выполняется:

$$S_0 e^{pt(m)} = rI. \quad (10)$$

То есть оптимальное момент внедрения инновации, когда маржинальные доходы (роялти) от внедрения достаточно велики, чтобы покрыть маржинальные расходы (стоимость альтернативных доходов).

Если подставить (10) в выражение (8), то получим максимум приведенной стоимости инновации в начальный момент времени:

$$R_0(m) = \frac{p}{p-r} I e^{-rt(m)}$$

Рентабельность произведенных инвестиций в инновацию выражается следующим образом:

$$\frac{R_m(m)}{I} = \frac{p}{r-p}, \quad 0 < p < r.$$

Момент времени, когда приведенная стоимость инновации равняется 0, может быть найден из выражения (8):

$$t(z) = \frac{\ln(r-p) + \ln I - \ln S_0}{p}$$

Очевидно, что $t(z) < t(m)$. Графическое представление решения задачи инноватора изображено на рис. 3, где $S_0 e^{-(r-p)t}$ – поток дисконтированных выгод $B(t)$, $rI e^{-rt}$ – поток дисконтированных расходов $C(t)$. Заметим, что если инновация внедрена после $t(z)$, суммарная приведенная стоимость инновации будет больше 0.

2.4.2 Наличие конкуренции

Если раньше мы предполагали, что с конкретной инновацией ассоциируется только один инноватор, то теперь будем принимать во внимание

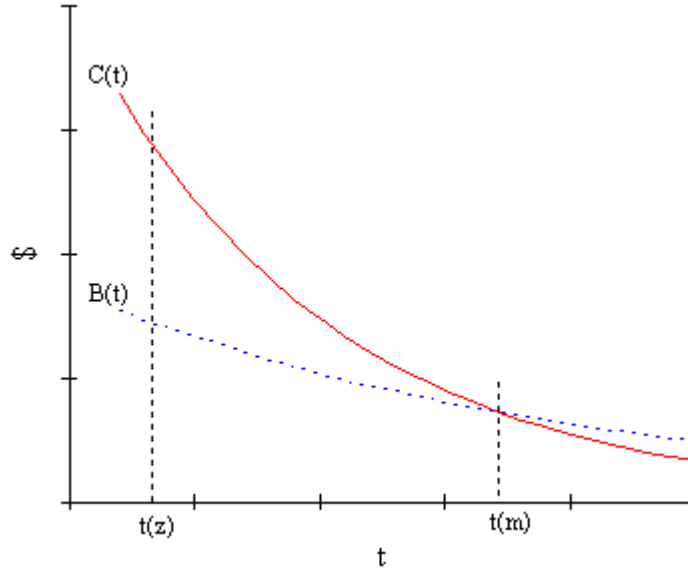


Рис. 3. Предельные выгоды B и издержки C внедрения инновации

возможность конкуренции в секторе НИОКР. Конкурент может произвести внедрение инновации раньше оптимального момента $t(m)$, тем самым получив все выгоды от раннего внедрения. Таким образом, наличие конкуренции смещает дату внедрения инновации до $t(z)$, обнуляет общественную оценку инновации, приводя к неоптимальному преждевременному использованию ресурсов.

2.4.3 Авторские отчисления

Решение инноватора отклонится от социально-оптимального, когда авторские отчисления инноватору h' будут меньше величины сбережений от внедрения данной инновации k . Пусть $S_0 = h'x_0$, $S_0^* = hx_0 = kx_0$. Тогда $S_0e^{-(r-p)t}$ обозначает поток дисконтированных частных выгод инноватора, а $S_0^*e^{-(r-p)t}$ – поток дисконтированных общественных выгод. На рис. 4 проиллюстрировано отклонение частного решения инноватора от социально-оптимального.

Внедрение инновации в момент времени $t(m)$ обеспечивает максимум выгод для инноватора, но не для общества. Максимум приведенной оценки инновации обществом будет в момент $t^*(m)$ ($t^*(m) < t(m)$). Если инно-

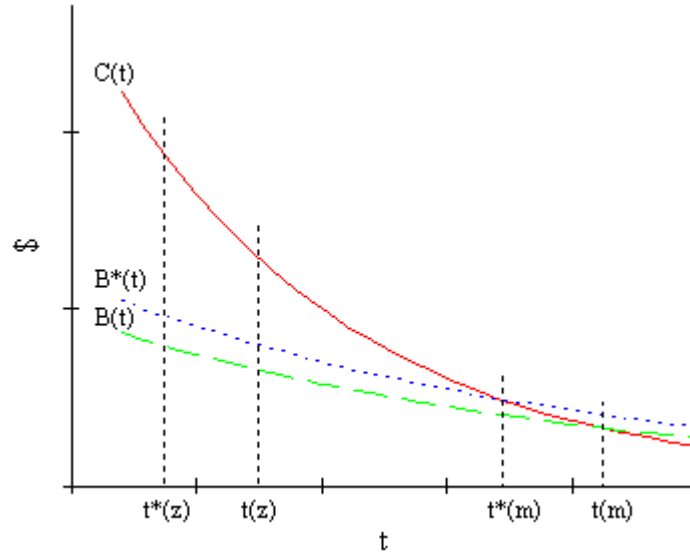


Рис. 4. Отклонение частных выгод B от общественных B^* когда $h' < k$

вазия внедрена в момент $t(z)$, ее приведенная стоимость для инноватора равна 0, но для общества в целом она будет положительна.

2.4.4 Снижение стоимости внедрения

Ранее мы предполагали постоянство объема инвестиций I , требуемого для внедрения инновации. Однако данное предположение будет оправдано только если стоимость факторов производства и объем знаний остаются постоянными. Допустим, что объем знаний в экономике может изменяться. Прорыв в фундаментальной науке может привести к снижению объема инвестиций для внедрения инновации. Сокращение инвестиционных расходов ($I^* < I$) приведет к сокращению сроков внедрения. На рис. 5 проиллюстрирована данная ситуация.

Если фундаментальный прорыв, ведущий к снижению издержек, произойдет до момента $t^*(z)$, то в условиях конкуренции инновация может быть внедрена в момент времени $t^*(z)$, что даст нулевую приведенную прибыль от ее внедрения. С другой стороны, если фундаментальный прорыв будет иметь место после $t^*(z)$, приведенная стоимость инновации будет положительной.

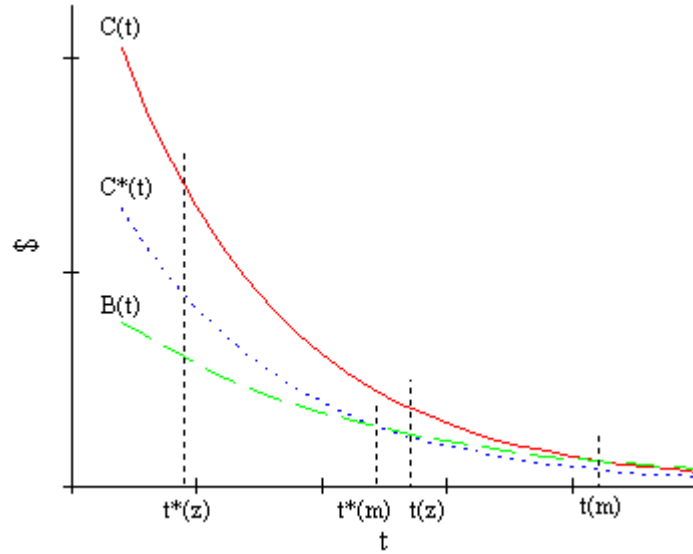


Рис. 5. Сокращение затрат на внедрение инновации

2.4.5 Субсидирование инновационной деятельности

Рассуждения будут построены в терминах пункта 2.4.3. При совершенной конкуренции издержки инноватора на внедрение инновации равны общественным издержкам. Субсидирование инновационной деятельности приводит к снижению издержек для инноватора, но не влияет на общественные издержки. В отсутствие субсидий дата внедрения инновации инноватором равна $t(z)$. Введение инновационных субсидий приведет к снижению для инноватора кривой rIe^{-rt} на рис. 4 и сдвинет дату внедрения к более раннему моменту времени. Однако субсидия может оказаться достаточно большой, что дата внедрения $t(z)$ окажется раньше $t^*(z)$. Тогда приведенная стоимость инновации для общества окажется ниже нуля, а субсидирование инноваций препятствует экономическому росту.

2.4.6 Результаты модели

Неоптимальное внедрение инновации может иметь место по двум причинам: в результате конкуренции между инноваторами, по причине невозможности для инноватора захватить все выгоды от внедрения иннова-

ции.

В случае, когда все выгоды от инновации получает инноватор, то либо экономического роста не будет, либо инноватор будет единственным бенефициарием этого роста. В случае же, когда выгоды распределены, то инновации всегда будут обеспечивать рост экономики.

Результаты модели можно скомпоновать в виде табл. 1.

		Характер конкуренции в инновационной деятельности	
		Монополия	Конкуренция
Доля выгод, захваченных инноватором	все	Общественно-оптимальный срок	Внедрение слишком раннее
		Частная $PV = \max$	Частная $PV = 0$
	часть	Общественная $PV = \max$	Общественная $PV = 0$
		Внедрение слишком позднее	Дата внедрения не определена
		Частная $PV = \max$	Частная $PV = 0$
		Общественная $PV > 0$	Общественная $PV > 0$

Таблица 1. Обобщенные результаты модели оптимального внедрения

3 Учет в производственной функции человеческого капитала

Исследования Мэнкью Г., Ромера Д. и Вейла Д. [14] показали, что учет в производственной функции Солоу человеческого капитала, формирующегося аналогично формированию физического капитала, обеспечивает прекрасное объяснение выпуску при межстрановом сопоставлении данных.

3.1 Описание модели

Предполагаем, что производственная функция с учетом человеческого капитала имеет следующий вид:

$$Y_t = K_t^\alpha H_t^\beta [A_t L_t]^{1-\alpha-\beta}, \quad \alpha + \beta < 1, \alpha > 0, \beta > 0.$$

где K_t – физический капитал, H_t – человеческий капитал, L_t – численность занятых, A_t – уровень научно-технического прогресса. Как и в модели Солоу предполагается, что темп роста рабочей силы n и научно-технического прогресса g_A постоянны и заданы экзогенно. В качестве характеристики человеческого капитала может быть выбран накопленный научный капитал, оцененный как суммарные затраты на НИОКР с учетом выбытия научного капитала.

Предполагаем, что нормы выбытия физического и человеческого капитала совпадают и равны d . Обозначим через s_h норму инвестирования в человеческий капитал, а через s_k норму инвестирования в физический капитал. Перейдем к удельным величинам на эффективную единицу рабочей силы ($y = Y/AL$, $k = K/AL$, $h = H/AL$). Динамика системы задается следующими уравнениями движения:

$$\begin{aligned} \dot{k}_t &= s_k y_t - (n + g_A + d)k_t, \\ \dot{h}_t &= s_h y_t - (n + g_A + d)h_t. \end{aligned} \tag{11}$$

Предположение $\alpha + \beta < 1$ подразумевает убывающую отдачу от масштаба капитала. (В случае постоянной отдачи, $\alpha + \beta = 1$, стационарное состояние в модели отсутствует.)

3.2 Установившееся состояние

Из (11) может быть найдено выражение для установившегося состояния системы:

$$\begin{aligned} k^* &= \left(\frac{s_k^{1-\beta} s_h^\beta}{n + g_A + d} \right)^{1/(1-\alpha-\beta)} \\ h^* &= \left(\frac{s_k^\alpha s_h^{1-\alpha}}{n + g_A + d} \right)^{1/(1-\alpha-\beta)} \\ y^* &= (n + g_A + d) \left(\frac{s_k^\alpha s_h^\beta}{n + g_A + d} \right)^{1/(1-\alpha-\beta)} \end{aligned} \quad (12)$$

Темп роста подушевого выпуска в установившемся состоянии равен g_A . Для анализа модели в качестве характеристики темпа накопления человеческого капитала s_h Мэнкью, Ромер и Вейл использовали долю учащихся в среднеобразовательных учреждениях трудоспособного возраста.

3.3 Динамика перехода к установившемуся состоянию

В данной секции мы определим, какие факторы влияют на скорость сходимости экономики к траектории сбалансированного роста, и выведем выражение, определяющую динамику подушевого выпуска.

Вблизи установившегося состояния скорость сходимости может быть задана следующим выражением:

$$\frac{d \ln y_t}{dt} = \lambda (\ln y^* - \ln y_t), \quad (13)$$

где $\lambda = (n + g_A + d)(1 - \alpha - \beta)$, y^* – уровень выпуска на эффективную единицу труда в установившемся состоянии, y_t – текущее значение выпуска на эффективную единицу труда в момент времени t . В модели предполагается, что скорость сходимости убывает при приближении к установившемуся состоянию. Если обозначить как y_0 начальное значение выпуска на эффективную единицу труда, то решение уравнения (13) представится в виде:

$$\ln y_t = (1 - e^{-\lambda t}) \ln y^* + e^{-\lambda t} \ln y_0,$$

или вычитая $\ln y_0$ с обеих сторон:

$$\ln y_t - \ln y_0 = (1 - e^{-\lambda t})(\ln y^* - \ln y_0).$$

Установившееся состояние y^* задается выражением (12). Таким образом, в модели Солоу рост выпуска на эффективную единицу труда является функцией детерминантов установившегося состояния и начального уровня выпуска на эффективную единицу труда.

4 Модель креативного разрушения

На основании идеи Шумпетера о “креативном разрушении” был развит ряд моделей [9], [10], результатом которых явились весьма интересные выводы относительно причин экономического роста, межвременной зависимости количества квалифицированной рабочей силы, а также неравенства в оплате труда.

Подход, лежащий в основе идеи Шумпетера, предполагает, что основным источником научно-технического прогресса являются инновации. Каждая последующая инновация приводит к увеличению производительности промежуточного продукта, применяемого при производстве конечного продукта. Создатели инноваций (изобретатели, рационализаторы, исследователи) заинтересованы в получении монопольной ренты в случае успешного использования инноваций, которая исчезает, “разрушается” с появлением более прогрессивных продуктов, технологий, методов организации производства и т.д. То есть более прогрессивные, качественные товары приводят к выходу из употребления предшествующих товаров. Теория, связанная с “разрушением” ренты от использования инновации в результате появления новой инновации, получила название “теория креативного разрушения”. Устаревание продукции иллюстрирует общую характеристику процесса роста: прогресс несет потери так же как и выгоды.

4.1 Описание основной модели

В модели предполагается, что в экономике существует три класса объектов: работники, потребительские товары, промежуточные товары. Существует конечное число бесконечно живущих индивидуумов с идентичными межвременными аддитивными предпочтениями, выражаемыми через потребление в течение их жизни, и с постоянной ставкой межвременных предпочтений $r > 0$. Предельная полезность от потребления предполагается постоянной.

Существует три категории работников: неквалифицированные, которые могут производить только потребительские товары; квалифицированные, которые могут принимать участие как в исследованиях, так и в производстве промежуточной продукции; специалисты, которые могут заниматься исключительно исследованиями. Каждый индивидуум наделен единицей рабочей силы. Пусть M , N и R означают соответственно

множество неквалифицированных, квалифицированных, специализированных работников.

Потребительские товары производятся с использованием фиксированного количества M неквалифицированных работников и промежуточных товаров при условии постоянной отдачи. Так как M фиксировано, производственная функция может быть представлена в виде:

$$y = AF(x), \quad (14)$$

где $F'(\cdot) > 0$, $F''(\cdot) < 0$, y – выпуск потребительского товара, x – затраты промежуточного товара, а A характеризует производительность, при применении данной промежуточной продукции.

Промежуточный товар производится с использованием одной лишь квалифицированной рабочей силы в соответствии с линейной технологией:

$$x = L,$$

где L – поток квалифицированной рабочей силы, используемой в секторе промежуточной продукции.

В результате исследовательской деятельности появляются инновации. Продолжительность периода между двумя последовательными инновациями случайна по причине стохастической природы инновационного процесса, но связь между количеством инноваций в двух последовательных периодах может быть детерминистической. Появление инноваций характеризуется пуассоновским процессом с частотой поступления инноваций в экономику в любой момент времени $\lambda\phi(n, R)$, где n – поток квалифицированных работников, занятых исследованиями, λ – постоянный параметр, а ϕ – вогнутая производственная функция. λ и ϕ определяются технологией исследования. Частота поступления инноваций зависит только от текущего вклада в исследования и не зависит от проведенных исследований. Использование квалифицированной рабочей силы в исследовательской деятельности необходимо: $\phi(0, R) = 0$.

Время непрерывно и индексируется $\tau \geq 0$. Индексом $t = 0, 1 \dots$ будем обозначать временной интервал, начинающийся с появления t -й инновации и завершающийся с $(t + 1)$ -й. Длина каждого интервала является случайной величиной с пуассоновской функцией распределения. В пределах каждого интервала все величины остаются постоянными.

Инновация приводит к появлению нового промежуточного продукта, который применяется в производстве потребительской продукции и предполагает использование более эффективных методов производства.

Использование нового промежуточного продукта увеличивает параметр производительности A на $\gamma > 1$. Технология распространяется без запаздывания.

$$A_t = A_0 \gamma^t,$$

где A_0 – начальное значение производительности.

Каждый успешный инноватор патентует результат своей исследовательской деятельности, тем самым монополизируя сектор промежуточной продукции. Результаты исследований текущего периода выражаются в монопольной ренте в следующем периоде. Срок действия патента не ограничен, однако монополия будет сохраняться до появления более прогрессивного промежуточного товара, который вытеснит устаревший. Таким образом, новый инноватор сменит предыдущего, бывшего до него монополистом (“business-stealing effect”).

Все рынки, за исключением рынка промежуточной продукции, функционируют у условиях совершенной конкуренции.

4.2 Модель Аггйона-Ховитта

Результатом исследований, проведенных с применением модели Аггйона-Ховитта [9], явились весьма интересные выводы: количество исследований в текущем периоде зависит от ожидаемого количества исследований в следующем периоде, причем данная зависимость имеет отрицательный характер; политика невмешательства государства в экономику приводит к тому, что размер инноваций и численность квалифицированных работников в исследовательском секторе занижены (ниже социально-оптимального уровня), а темп экономического роста может быть больше или меньше оптимального из-за присутствия противодействующих эффектов, влияющих на экономический рост.

Отрицательная зависимость количества исследований в данном периоде от ожидаемого количества исследований в будущем периоде выражается через два эффекта.

Первый эффект – это креативное разрушение. Результаты исследований текущего периода выражаются в монопольной ренте в следующем периоде. Эта рента будет поступать по тех пор, пока не появится следующая инновация. Таким образом, ожидаемая приведенная стоимость ренты отрицательно зависит от пуассоновской частоты поступления инноваций в следующем периоде.

Второй эффект связан с заработной платой квалифицированных работников, занятых как в исследованиях, так и в производстве. Ожиданию большего числа исследований в следующем периоде должен соответствовать больший ожидаемый спрос на квалифицированных работников в исследовательской сфере, что подразумевает ожидание более высокой реальной оплаты труда квалифицированных работников. Более высокая заработная плата в следующем периоде снизит монопольную ренту, ожидаемую успешным инноватором. Таким образом, ожидание большего количества исследований в следующем периоде будет препятствовать исследованиям текущего периода путем снижения ожидаемых рентных потоков.

Далее будет подробно изложена спецификация модели Агийона-Ховитта.

4.2.1 Задача монополиста

С тем, чтобы исключить возможность возникновения патентных разногласий, будем предполагать, что все инновации радикальные. Промежуточный монополист стремится максимизировать ожидаемую приведенную стоимость потока доходов за текущий интервал времени.

Обозначим x_t объем промежуточной продукции, произведенной монополистом за интервал t . Согласно предположению совершенной конкуренции на рынке конечной продукции, цена промежуточного продукта может быть определена через спрос следующим образом:

$$p_t = A_t F'(x_t).$$

Учитывая спрос на производимый им товар, монополист максимизирует свою прибыль при заданных A_t и заработной плате квалифицированного персонала w_t :

$$(A_t F'(x_t) - w_t)x_t \rightarrow \max_{x_t}$$

Определим нормированную на производительность заработную плату $\omega_t \equiv w_t/A_t$ и функцию $\tilde{\omega}(x) \equiv F'(x) + xF''(x)$. Согласно (14) предельный доход монотонно убывает, его функция $\tilde{\omega}(x)$ должна удовлетворять условиям:

$$\tilde{\omega}'(x) < 0 \quad \forall x > 0, \quad \lim_{x \rightarrow 0} \tilde{\omega}(x) = \infty, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \tilde{\omega}(x) = 0. \quad (15)$$

Для любой положительной ω_t выпуск x_t монополистом задается условием первого порядка:

$$\omega_t = \tilde{\omega}(x_t) \quad \Rightarrow \quad x_t = \tilde{x}(\omega_t), \quad (16)$$

где $\tilde{x} = \tilde{\omega}^{-t}$.

Поток монопольных доходов задается выражением вида:

$$\pi_t = A_t \tilde{\pi}(\omega_t), \quad (17)$$

где $\tilde{\pi}(\omega) \equiv -(\tilde{x}(\omega))^2 F''(\tilde{x}(\omega))$. Заметим, что \tilde{x} и $\tilde{\pi}$ положительные и строго убывающие функции при $\omega > 0$.

4.2.2 Сектор НИОКР

Как было упомянуто в разделе 4.1, протекание инновационного процесса характеризуется пуассоновской частотой поступления инноваций $\lambda\phi(z, s)$, где z – количество квалифицированного персонала, а s – количество специалистов, занятых в исследовательской фирме. Фирма выбирает z и s , чтобы максимизировать поток ожидаемых доходов от исследований:

$$\lambda\phi(z, s)V_{t+1} - w_t z - w_t^s s, \quad (18)$$

где V_{t+1} – стоимость $(t+1)$ -й инновации, выражаемая через монопольную ренту в $(t+1)$ -м периоде; w_t^s – заработная плата специалистов.

Так как $\phi(z, s)$ имеет постоянную отдачу, а количество специалистов в равновесии равно R , из условия Куна-Таккера максимизации выражения (18) следует:

$$w_t \geq \varphi'(n_t)\lambda V_{t+1}, \quad n_t \geq 0, \quad \text{по крайней мере одно равенство} \quad (19)$$

где $\varphi(n_t) \equiv \phi(n_t, R)$, а n_t поток квалифицированной рабочей силы в экономике, занятой в исследованиях в интервале t .

$$\varphi(0) = 0, \quad \varphi'(n) > 0, \quad \varphi''(n) \leq 0 \quad \forall n \geq 0. \quad (20)$$

Стоимость V_{t+1} для исследовательской фирмы равна ожидаемой приведенной стоимости потока монопольных доходов, порождаемых $(t+1)$ -й инновацией в течение интервала, длина которого определяется параметром $\lambda\varphi(n_{t+1})$:

$$V_{t+1} = \frac{\pi_{t+1}}{r + \lambda\varphi(n_{t+1})} \quad (21)$$

Причина, по которой текущий монополист не будет осуществлять исследования, заключается в том, что стоимость для монополиста производства следующей инновации была бы равна $V_{t+1} - V_t$, что существенно меньше стоимости V_{t+1} для сторонней фирмы. Это пример эффекта замещения и имеет место лишь в случае радикальных инноваций.

4.2.3 Устойчивое равновесие

В любой произвольный момент времени для общества существует единственное решение вопроса, как разместить фиксированный объем квалифицированной рабочей силы N между производственным и исследовательским секторами. Комбинируя (16), (17), (19), (21) с учетом равновесного условия $N = n_t + x_t$, имеем:

$$\frac{\tilde{\omega}(N - n_t)}{\lambda\varphi'(n_t)} \geq \frac{\gamma\tilde{\pi}(\tilde{\omega}(N - n_{t+1}))}{r + \lambda\varphi(n_{t+1})}, \quad n_t \geq 0, \quad \text{по крайней мере одно равенство} \quad (22)$$

Условие (22) определяет занятость квалифицированных работников в исследованиях в период t как функцию занятости в исследованиях в период $t + 1$:

$$n_t = \psi(n_{t+1}),$$

где $\psi : [0, N) \rightarrow \mathcal{R}_+$ – строгоубывающая функция.

Функциональная зависимость ψ между занятыми исследованиями в последовательные периоды времени проиллюстрирована на рис. 6, где $c(n_t)$ – предельные исследовательские издержки, а $b(n_{t+1})$ – предельные выгоды от исследований, определяемые следующим образом:

$$c(n_t) = \frac{\tilde{\omega}(N - n_t)}{\lambda\varphi'(n_t)},$$

$$b(n_{t+1}) = \frac{\gamma\tilde{\pi}(\tilde{\omega}(N - n_{t+1}))}{r + \lambda\varphi(n_{t+1})}.$$

Отрицательная зависимость количества исследований в текущем периоде от ожидаемого количества исследований в будущем периоде выражается через два эффекта:

- Ожидаемый рост исследований в следующем периоде приведет к увеличению ожидаемой скорости креативного разрушения (частоты поступления инноваций) $\lambda\varphi(n_{t+1})$, тем самым сократив период поступления ожидаемых монопольных доходов текущего инноватора.
- Ожидаемый рост исследований в следующем периоде приведет к повышению ожидаемой заработной платы, тем самым снизив поток дохода $\tilde{\pi}(\tilde{\omega}(N - n_{t+1}))$, ожидаемый в следующем периоде от текущей исследовательской деятельности.

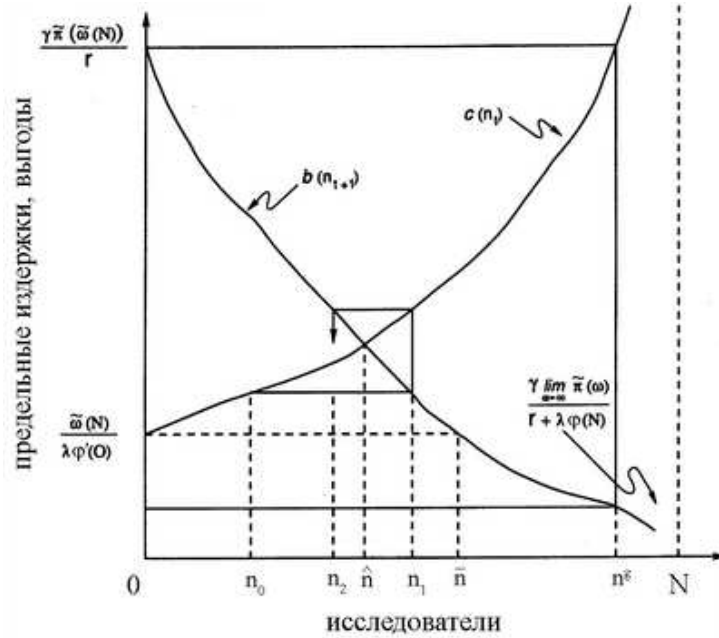


Рис. 6. Влияние будущих исследований на текущие исследования

Существует единственное стационарное равновесие в модели, которое определяется из решения уравнения $\hat{n} = \psi(\hat{n})$. На рис. 6 изображена траектория перехода в стационарное состояние. Если $c(0) < b(0)$, то \hat{n} положительное и определяется из следующего выражения:

$$\frac{\tilde{\omega}(N - \hat{n})}{\lambda \varphi'(\hat{n})} = \frac{\gamma \tilde{\pi}(\tilde{\omega}(N - \hat{n}))}{r + \lambda \varphi(\hat{n})}. \quad (23)$$

В данном случае рост экономики будет положителен, так как пуассоновская частота поступления инноваций положительна ($\lambda \varphi(\hat{n}) > 0$). Если же $c(0) \geq b(0)$, то $\hat{n} = 0$, и роста не будет.

Может существовать и другой тип равновесия, циклическое равновесие (n^0, n^1) , такое что $n^0 = \psi(n^1)$, $n^1 = \psi(n^0)$. Если либо n^0 , либо n^1 равно нулю, то экономический рост прекратится через конечный интервал времени, так как без исследований не будет инноваций, а рациональные ожидания относительно того, что за следующей инновацией последовало бы много исследований, предотвращают ее внедрение. Данный случай называется “ловушка отсутствия роста”.

Утверждение. Количество исследователей \hat{n} в стационарном равно-

весаи возрастает со: (а) снижением процентной ставки r ; (б) увеличение величины инноваций γ ; (с) увеличением общего объема N квалифицированной рабочей силы; (д) увеличением параметра поступления инноваций λ .

4.2.4 Сбалансированный рост

Ввиду стохастической природы инновационного процесса, выпуск потребительских товаров в каждый момент времени представляет случайный процесс.

Выпуск потребительских товаров за интервал t :

$$y_t = A_t F(N - \hat{n}),$$

откуда: $y_{t+1} = \gamma y_t$.

Таким образом, логарифм выпуска $\ln y(\tau)$ является стохастической ступенчатой функцией с постоянным шагом $\ln \gamma > 0$, время между каждым шагом – последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин, имеющих пуассоновское распределение с параметром $\lambda\varphi(\hat{n})$.

Предположим, что наблюдения производятся в дискретные моменты времени с шагом 1, тогда:

$$\ln y(\tau + 1) = \ln y(\tau) + \varepsilon(\tau) \quad (\tau = 0, 1, \dots) \quad (24)$$

$\left\{ \frac{\varepsilon(0)}{\ln \gamma}, \frac{\varepsilon(1)}{\ln \gamma}, \dots \right\}$ – последовательность независимая одинаково распределенных случайных величин, имеющих пуассоновское распределение с параметром $\lambda\varphi(\hat{n})$. Следовательно (24) может быть записано в виде:

$$\ln y(\tau + 1) = \ln y(\tau) + \lambda\varphi(\hat{n}) \ln \gamma + e(\tau) \quad (\tau = 0, 1, \dots), \quad (25)$$

где $e(\tau) \equiv \varepsilon(\tau) - \lambda\varphi(\hat{n}) \ln \gamma$. Заметим, что $e(\tau)$ независимая одинаково распределенная случайная величина:

$$E(e(\tau)) = 0, \quad \text{var } e(\tau) = \lambda\varphi(\hat{n})(\ln \gamma)^2 \quad (26)$$

Из (25) и (26) следует: дискретная последовательность наблюдений логарифма выпуска представляет случайное блуждание с постоянным смещением $\lambda\varphi(\hat{n}) \ln \gamma$. Отсюда средний темп роста экономики (AGR) и его дисперсия (VGR) равны:

$$AGR = \lambda\varphi(\hat{n}) \ln \gamma, \quad VGR = \lambda\varphi(\hat{n})(\ln \gamma)^2.$$

Таким образом, согласно утверждению пункта 4.2.3, увеличение частоты поступления инноваций, размера инноваций, общего числа квалифицированных работников приводит к росту среднего темпа роста (AGR), а увеличение процентной ставки снижает его.

4.2.5 Задача социального планирования

Если ранее мы предполагали, что экономика функционирует в условиях государственного невмешательства, то теперь установим, как изменятся наши выводы в условиях государственного планирования. Ожидаемое общественное благосостояние имеет вид:

$$U = \int_0^{\infty} e^{-r\tau} \sum_{t=0}^{\infty} \Pi(t, \tau) A_t F(N - n) d\tau, \quad (27)$$

где $\Pi(t, \tau)$ – вероятность того, что к моменту времени τ будет создано t инноваций. Так как инновационный процесс пуассоновский с параметром $\lambda\varphi(n)$:

$$\Pi(t, \tau) = \frac{(\lambda\varphi(n)\tau)^t}{t!} e^{-\lambda\varphi(n)\tau}. \quad (28)$$

Таким образом, выражение (27) после интегрирования примет вид:

$$U = \frac{A_0 F(N - n)}{r - \lambda\varphi(n)(\gamma - 1)} \quad (29)$$

Социально оптимальный уровень исследований n^* , определяется из условия первого порядка:

$$\frac{F'(N - n^*)}{\lambda\varphi'(n^*)} = \frac{(\gamma - 1)F(N - n^*)}{r - \lambda\varphi(n^*)(\gamma - 1)}. \quad (30)$$

Соотношение между \hat{n} и n^* определяется степенью проявления противодействующих эффектов. Следовательно, средний темп роста при государственном невмешательстве может быть как меньше, так и больше социально-оптимального.

4.2.6 Оптимальный размер инноваций

Расширим приведенную выше модель, разрешив исследовательским фирмам выбирать размер инноваций γ . Для этого предположим, что частота

поступления инноваций определяется размером инноваций: $\lambda\phi(z, s)v(\gamma)$, где $v: v'(\gamma) < 0$ (более крупную инновацию сложнее открыть), $v''(\gamma) < 0$ (предельные издержки поиска инновации возрастают с ростом ее размера). Тогда произведение $\gamma v(\gamma)$ – вогнутая функция γ .

В равновесии прибыль инноватора в два последующих периода соотносятся следующим образом $V_{t+1} = \gamma V_t$. Следовательно, ожидаемый поток доходов исследовательской фирмой в интервале t согласно (18), равен:

$$\lambda\phi(z, s)v(\gamma)\gamma V_t - w_t z - w_t^s s.$$

Принимаем V_t заданной. Таким образом, условие первого порядка для γ имеет вид:

$$v(\hat{\gamma}) + \hat{\gamma}v'(\hat{\gamma}) = 0.$$

Тогда уравнение (23), задающее стационарное равновесие при политике государственного невмешательства, представится в виде:

$$\frac{\tilde{\omega}(N - \hat{n})}{\lambda\varphi'(\hat{n})} = \frac{v(\hat{\gamma})\hat{\gamma}\tilde{\pi}(\tilde{\omega}(N - \hat{n}))}{r + \lambda\varphi(\hat{n})v(\hat{\gamma})}.$$

В условиях вмешательства государства в экономику для выбора γ , максимизирующего общественное благосостояние, достаточно максимизировать выражение $v(\gamma)(\gamma - 1)$. Социально-оптимальное значение γ^* находится из условия:

$$v(\gamma^*) + \gamma^*v'(\gamma^*) - v'(\gamma^*) = 0.$$

Из вогнутости $\gamma v(\gamma)$ следует: $\hat{\gamma} < \gamma^*$. Таким образом, в условиях государственного невмешательства будут разрабатываться инновации меньшего размера, чем при участии государства.

Социально оптимальное количество исследований n^* удовлетворяет условию:

$$\frac{F'(N - n^*)}{\lambda\varphi'(n^*)} = \frac{v(\gamma^*)(\gamma^* - 1)F(N - n^*)}{r - \lambda\varphi(n^*)v(\gamma^*)(\gamma^* - 1)}.$$

4.3 Причины неравенства в оплате труда

В развитых странах на протяжении длительного периода наблюдался рост неравенства в оплате труда, причем расхождение имело место как

между, так и внутри образовательных групп. Можно выдвинуть несколько предложений относительно возможных причин межгруппового расхождения в оплате труда: глобализация, деюнионизация и квалификационно-несимметричные технологические изменения. Однако первые два объяснения оказываются несостоятельными при межстрановом анализе. Множество эмпирических исследований подтвердило тот факт, что квалификационно-несимметричные технологические изменения оказывают существенное влияние на динамику структуры заработной платы.

4.3.1 Межгрупповое неравенство

Руководствуясь идеей Шумпетера о “креативном разрушении”, Филипп Агийон [10] исследовал процесс квалификационно-несимметричных технологических изменений и пришел к выводу, что в течение данного процесса распространения общецелевой технологии рост неравенства в оплате труда сопровождается ростом предложения квалифицированной рабочей силы, квалификационная премия испытывает сильный рост при усорении распространения общецелевой технологии среди отраслей.

Итак, предполагается нелинейный характер распространения технологий. На начальном этапе процесс внедрения инновации будет медленным, это связано с тем, что фирмы-первопроходцы вынуждены осуществлять независимые эксперименты по внедрению новой технологии. С ростом числа успешных внедрений процесс внедрения будет постепенно ускоряться, так как у фирм появилась возможность использовать тот или иной сценарий успешного внедрения технологии. Экспериментирование, внедрение и обслуживание новой технологии требует квалифицированной рабочей силы. Таким образом, в ходе распространения технологии растет спрос на квалифицированных работников и, как следствие, квалификационная премия.

Предположим, что агрегированный выпуск производится согласно технологии с постоянной отдачей от масштаба:

$$y = \left\{ \int_0^1 A(i)^\alpha x(i)^\alpha di \right\}^{\frac{1}{\alpha}}$$

где $A(i)$ – производительность i -го сектора, $x(i)$ – спрос на рабочую силу в i -ом секторе. $A(i) = 1$ в секторах, применяющих старую общецелевую технологию, а $A(i) = \gamma > 1$ в секторах, успешно внедривших инновационную технологию.

Предполагаем, что существует для класса работников: квалифицированные и неквалифицированные. В старых секторах не различают квалифицированную и неквалифицированную рабочую силу. Экспериментирование, внедрение и обслуживание новой технологии требует использования только квалифицированных работников.

Пусть общее количество работников в экономике фиксировано и равно L . Предполагаем, что предложение квалифицированных работников монотонно возрастает в результате осуществления инвестиций в образование. Таким образом, предложение квалифицированной рабочей силы может быть задано выражением:

$$L_s(t) = L - (1 - s)Le^{-\beta t},$$

$s < 1$ – первоначальная доля квалифицированной рабочей силы в экономике, а $\beta > 0$ – скорость приобретения знаний.

Теперь проанализируем структуру спроса на рынке труда. Для этого оценим, сколько секторов используют старую технологию, и, следовательно, не нуждаются в квалифицированной рабочей силе, а также сколько секторов экспериментируют с новой технологией и уже успешно пользуются ей.

В каждом секторе переход к новой технологии осуществляется в два этапа. Во-первых, фирма данного сектора должна получить “сценарий”, на основе которого будет производить внедрение. Во-вторых, фирма должна успешно осуществить переход к новой технологии.

Пусть n_0 – доля секторов, которые еще не обзавелись подходящим “сценарием”, n_1 – доля секторов, экспериментирующих с новой технологией, $n_2 = 1 - n_0 - n_1$ – доля секторов, успешно внедривших новую технологию.

Пусть $\lambda(n_2)$ означает пуассоновскую частоту поступления “сценариев” для новой технологии в заданном секторе, и предположим, что процесс поступления “сценариев” описывается логистической кривой. Коэффициент Δ введен с целью учета пороговых эффектов при межсекторном копировании сценариев.

$$\lambda(n_2) = \begin{cases} \lambda_0 & n_2 < \bar{n}, \\ \lambda_0 + \Delta & n_2 \geq \bar{n}, \end{cases}$$

Для успешного внедрения новой технологии необходимо, чтобы экспериментирующей фирме было занято как минимум H единиц рабочей

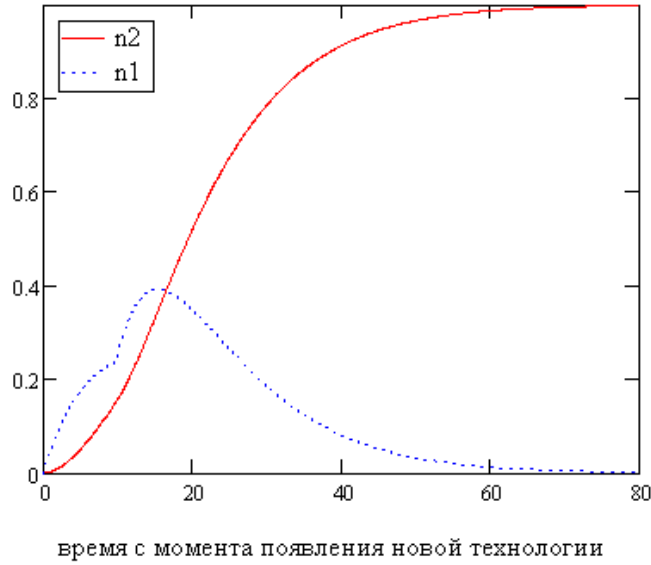


Рис. 7. Динамика распространения новой технологии ($\lambda_0 = 0.05$, $\Delta = 0.1$, $\lambda_1 = 0.1$, $\bar{n} = 0.15$)

силы. Интенсивность потока успешных внедрений в секторах, производящих эксперименты, равна λ_1 . Эволюция двух переменных n_1 и n_2 (как в теории процессов гибели и размножения) определяется автономной системой обыкновенных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dn_1}{dt} &= \lambda(n_2) \cdot (1 - n_1 - n_2) - \lambda_1 n_1 \\ \frac{dn_2}{dt} &= \lambda_1 n_1 \end{aligned}$$

с начальными условиями $n_1(0) = 0$, $n_2(0) = 0$.

На рис. 7 представлена динамика n_2 при малом λ_0 и достаточно крупном Δ . Временной путь n_2 соответствует логистической кривой, в начале ускоряется, а в конце замедляется, приближаясь к 1. Можно выделить две стадии процесса перехода к новой технологии. На ранней стадии количество секторов, использующих новую технологию, слишком мало, чтобы трудоустроить всю квалифицированную рабочую силу. Это подразумевает, что положительная доля квалифицированных работников должны будут работать в старых секторах за ту же заработную плату,

что и неквалифицированные. Следовательно, на ранней стадии перехода рынок рабочей силы будет оставаться несегментированным, с одинаковой заработной платой для всех работников, и выполняется следующее условие балансов на рынке труда:

$$(1 - n_2) \cdot x_0 + n_2 \cdot x_N + n_1 \cdot H = L,$$

где x_0 , x_N , H обозначают спрос на рабочую силу в секторе, применяющем старую технологию, в новом секторе и в экспериментальном секторе соответственно.

На поздней стадии перехода, когда доля новых секторов весьма существенна и вся квалифицированная рабочая сила может осесть в них, рынок рабочей силы будет сегментирован. Квалифицированные работники будут заняты исключительно в новых отраслях, тогда как неквалифицированные останутся в старых.

Общий спрос на квалифицированную рабочую силу будет равен предложению L_2 , также как и спрос на неквалифицированную рабочую силу равен L_1 ($L = L_1 + L_2$). Условие балансов на рынке труда будет иметь следующий вид:

$$L_2 = n_1 \cdot H + n_2 \cdot x_N, \quad L_1 = (1 - n_2) \cdot x_0,$$

Пусть w_u и w_s – заработная плата неквалифицированных и квалифицированных работников соответственно ($w_s > w_u$).

Условия первого порядка, максимизирующие прибыль секторов, применяющих старую и новую технологии соответственно, приводят к следующему результату¹:

$$x_0 = \left(\frac{\alpha}{w_u} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} y, \quad x_N = \left(\frac{\gamma^\alpha \alpha}{w_s} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} y.$$

Выразив x_0 и x_N через L , L_1 , L_2 и подставив в предыдущие уравнения, получим выражения для заработной платы:

¹В каждом секторе i монополист решает задачу максимизации прибыли:

$$(p_i(x)x - wx) \rightarrow \max_x,$$

где

$$p_i(x) = \frac{\partial y}{\partial x_i} = (A(i))^\alpha x^{\alpha-1} y^{1-\alpha}$$

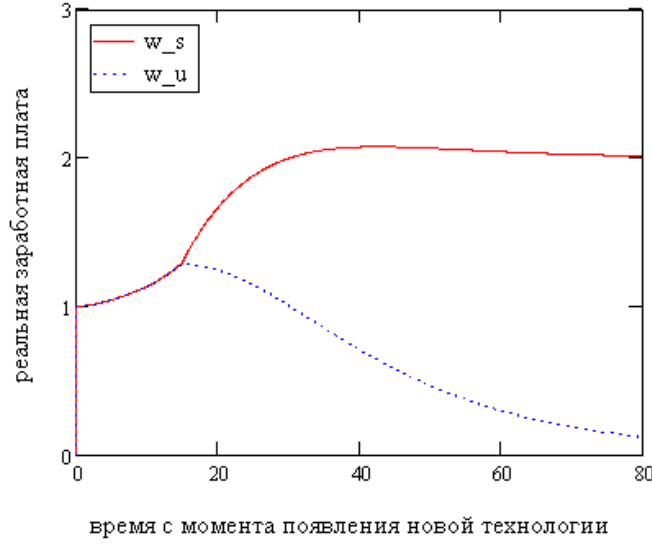


Рис. 8. Динамика реальной заработной платы квалифицированных w_s и неквалифицированных работников w_u ($\gamma = 2$, $\alpha = 0.3$, $s = 0.1$, $H/L = 0.4$, $\beta = 0.03$)

$$w_s = \gamma^\alpha \alpha \left(\frac{n_2 y}{L_2 - n_1 H} \right)^{1-\alpha}, \quad w_u = \alpha \left(\frac{(1 - n_2) y}{L - L_2} \right)^{1-\alpha}.$$

На рис. 8 изображена динамика реальной заработной платы (отношение текущего уровня заработной платы к начальному уровню) с момента открытия новой технологии. Как видно из графика, реальная заработная плата квалифицированных работников w_s претерпевает сильный рост, когда ускоряется распространение новой технологии среди секторов. На последней стадии перехода, когда распространение новой технологии среди секторов замедлено, рост спроса на квалифицированных работников замедляется, и произойдет небольшой спад реальной заработной платы квалифицированных работников.

4.3.2 Внутригрупповое неравенство

За возникновением общецелевой технологии обычно следует череда второстепенных технологических изменений. Источник внутригруппового неравенства кроется в способности индивидуумов, входящих в образовательную группу, быстро адаптироваться к постоянно меняющейся че-

реде технологий. Лишь случайная доля индивидуумов способна быстро адаптироваться к использованию передовых технологий и оборудования. Эти работники получают дополнительную премию, так как при работе с новой передовой технологией они могут применять часть навыков (ненаблюдаемые знания и способности), приобретенных на предыдущем месте работы.

Рассмотрим модель однопродуктовой экономики в дискретном времени. Инновации возникают последовательно, олицетворяются в форме машин и оборудования и увеличивают производительность. Срок службы средств производства составляет 2 периода.

Выпуск с применением передовой технологии представлен в виде:

$$y_t = A_t \cdot x_{0t}^{1-\alpha},$$

где x_{0t} – количество затраченного труда при работе с новой технологией в период t .

Так как срок службы средств производства всего 2 периода, может существовать еще одна (старая) технология, которая обеспечивает выпуск:

$$z_t = A_{t-1} \cdot ((1 + \eta)x_{1t})^{1-\alpha},$$

где η – постоянный темп приобретения навыков, исходя из собственного опыта, а x_{1t} – количество труда, затраченного при работе со старой технологией в период t .

Каждая новая технология в $(1 + \gamma)$ раз более производительная, чем предыдущая:

$$A_t = (1 + \gamma)A_{t-1} \quad \forall t.$$

Пусть x_0 и x_1 количество эффективных единиц труда, используемых в новых и в старых секторах в стационарном состоянии. Введем нормированный на производительность выпуск в новых $y_0 = y_t/A_t$ и старых $y_1 = z_t/A_t$ секторах. После нормировки производственные функции примут следующий вид:

$$y_0 = x_0^{1-\alpha}, \quad y_1 = \frac{1}{1 + \gamma} ((1 + \eta)x_1)^{1-\alpha}.$$

Ограничение приспособляемости. Как было упомянуто ранее, не все работники способны быстро адаптироваться к работе с передовой технологией, а лишь случайная доля σ от всех работников.

Параметр перемещаемости. Индивид, который в прошлом периоде работал с передовой технологией и в этом периоде приступил к работе с новой передовой технологией, может применять навыки, приобретенные на прежнем месте работы. Это выражается в том, что каждый такой работник порождает $(1 + \tau)$ эффективных единиц труда в новом секторе, $\tau < \eta$. С другой стороны, индивид, в прошлом периоде проработавший со старой технологией и переходящий на работу с новой передовой технологией в этом периоде, почти не имеет навыков для быстрого приспособления и работы с данной технологией. Один такой индивидуум порождает только одну эффективную единицу труда.

$$x_0 = (1 + \tau)n_{00} + n_{10},$$

$$x_1 = n_{01} + n_{11},$$

где n_{ij} поток рабочей силы от технологии i ($i = 0, 1$) в прошлом периоде к технологии j ($j = 0, 1$) в этом периоде в стационарном состоянии. В устойчивом состоянии поток рабочей силы n_{ij} должен удовлетворять трем условиям:

1. *Уравнение балансов*

$$n_{00} + n_{10} + n_{01} + n_{11} = 1;$$

2. *Условие приспособляемости*

$$n_{00} \leq \sigma(n_{00} + n_{10}),$$

$$n_{10} \leq \sigma(n_{01} + n_{11});$$

3. *Стационарное условие*

$$n_{10} = n_{01}.$$

Предприятия, использующие как старую, так и новую технологию, устанавливают спрос на рабочую силу посредством приравнивания предельного продукта труда к уровню заработной платы. Отсюда, если $\omega_i = w_{it}/A_t$ означает заработную плату, нормированную на производительность в секторе i , отношение ω_0/ω_1 равняется отношению предельных продуктов в новом и старом секторах:

$$\frac{\omega_0}{\omega_1} = \frac{1 + \gamma}{(1 + \eta)^{1-\alpha}} \left(\frac{x_0}{x_1} \right)^{-\alpha}.$$

В результате мы имеем три градации внутригрупповой заработной платы: $\omega_{00} = (1 + \tau)\omega_0$, $\omega_{10} = \omega_0$, $\omega_{01} = \omega_{11} = \omega_1$, где ω_{ij} означает нормированную заработную плату работника перешедшего из сектора возраста i в сектор возраста j .

5 Модели Ромера и Джонса

Приведенные выше модели являются примером моделей с экзогенным заданием научно-технического прогресса. В случае же, когда параметры производственной функции рассматриваются как факторы, зависящие от процессов, происходящих внутри экономической системы, можно говорить об эндогенном представлении научно-технического прогресса. Рассмотрим класс моделей, в которых научно-технический прогресс является функцией человеческого капитала и накопленных знаний, приобретенных в результате НИОКР. Особого внимания заслуживает модель, предложенная Ромером [18] и доработанная Джонсом [16]. В этой модели предполагается, что темп научно-технического прогресса является функцией числа исследователей и их средней производительности труда. Джонс дополнил модель, предположив, что темп НТП также зависит от уровня технического развития.

Все занятые в экономике делятся на две группы: (1) исследователи L_A , которые генерируют новые знания; и (2) все остальные L_Y , чья деятельность связана с производством продукции. Т.е. $L = L_A + L_Y$.

Производственная функция определяется формулой вида:

$$Y = K^\alpha (AL_Y)^{1-\alpha}.$$

Предполагается, что новые знания генерируются в секторе НИОКР, то есть технический прогресс зависит от численности занятых в НИОКР и от эффективности их труда.

Первоначально процесс накопления знаний в модели Ромера проходил следующим образом:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta L_A$$

Подразумевалось, что рост общей факторной производительности (ТФР) пропорционален количеству ученых, занятых в НИОКР. А если доля ученых постоянна, то этот темп будет пропорционален размеру рабочей силы. Это предположение не имело эмпирического подтверждения: из исторического опыта видно, что величина рабочей силы за последние 50 лет в США сильно возросла, но темпы роста за весь период были приблизительно постоянны.

Алтернативная спецификация данной модели, не включающая эффект масштаба от численности исследователей (который предполагает

пропорциональное увеличение темпа экономического роста), предполагает, что рост общей факторной производительности зависит от доли занятых в НИОКР, а не от их количества:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta \frac{L_A}{L} = \delta s. \quad (31)$$

Однако данная спецификация не удовлетворяет тем тезисам, заложенным Ромером при составлении модели: новые идеи порождаются индивидуумами, следовательно, количество инноваций, по сути, должно быть связано с числом людей, занятых в НИОКР. К тому же выражение (31) имеет противоречивое следствие: экономика только с единицей рабочей силы может произвести столько же инноваций (или обеспечить эквивалентный рост производительности TFP), как и экономика с миллионом занятых.

Вернемся к первоначальной спецификации модели и восстановим цепочку рассуждений, произведенных Джонсом.

$$\dot{A} = vL_A$$

где v – эффективность труда исследователей или вероятность создания новой идеи занятым в НИОКР. Эта вероятность выражается через функцию кумулятивного объёма знаний $v = \delta A^\phi$ и может как снижаться с увеличением объёма знаний при $\phi < 0$ (“fishing effect”), так и возрастать при $\phi > 0$. При $\phi = 0$ объём поступления новых идей не зависит от объёма знаний.

В секторе НИОКР может произойти дублирование или частичное совпадение исследований. Это приводит к снижению общего количества уникальных инноваций, произведенных L_A исследователями. Для учета вероятности возникновения данного события в уравнении L_A следует заменить на L_A^λ , где $0 < \lambda \leq 1$. В итоге, процесс производства знаний характеризуется функцией:

$$\dot{A} = \delta L_A^\lambda A^\phi, \quad 0 < \lambda \leq 1. \quad (32)$$

5.1 Установившееся состояние

На траектории сбалансированного роста доля занятых в сфере НИОКР в общей численности занятых остается постоянной (т.е. $L_A/L = const$).

Следовательно, темп роста численности занятых в НИОКР равен темпу роста населения n .

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta \frac{L_A^\lambda}{A^{1-\phi}} \quad (33)$$

Вдоль траектории сбалансированного роста темп роста знания постоянен. Это будет выполняться, если темпы роста L_A^λ и $A^{1-\phi}$ совпадают. Продифференцировав обе части уравнения (33), мы можем явно найти темп роста знания на сбалансированной траектории:

$$\lambda \frac{L_A^\lambda}{A^{1-\phi}} \frac{\dot{L}_A}{L_A} - (1-\phi) \frac{L_A^\lambda}{A^{1-\phi}} \frac{\dot{A}}{A} = 0.$$

В установившемся состоянии темп душевого выпуска равен темпу роста знаний. Это утверждение может быть получено, решая задачу нахождения стационарного состояния, представив предвременно производственную функцию в виде:

$$y = k^\alpha,$$

где $y = \frac{Y}{L_Y A}$, $k = \frac{K}{L_Y A}$. Так как в стационарном состоянии y и k постоянные величины, следовательно темпы роста душевого выпуска и душевого капитала должны равняться темпу роста знания в экономике:

$$g_y = g_k = g_A = \frac{\lambda n}{1-\phi}.$$

Темп роста определяется через параметры, обычно рассматриваемые как инвариантные по отношению к политическому централизованному регулированию. Несмотря на то, что темп роста является функцией экзогенно заданных параметров, рост в модели эндогенный как результат поиска новых технологий рациональными агентами.

5.2 Временный эффект от увеличения инвестиций в НИОКР

Один из основных результатов модели Ромера-Джонса в том, что увеличение доли занятых в НИОКР, увеличение инвестиций в НИОКР не оказывают постоянного воздействия на темп роста. Однако увеличение

доли занятых в НИОКР может проявиться в форме временного увеличения темпа роста вдоль переходной траектории к новому установившемуся состоянию.

Для упрощения анализа предполагалось, что доля занятых в НИОКР и норма инвестиций в физический капитал постоянны и задаются экзогенно.

Введем следующие переменные:

$$x \equiv \dot{A}/A, \quad z \equiv Y/K.$$

В установившемся состоянии эти переменные будут постоянны. Запишем выражение для темпа роста подушевого выпуска g_y через эти переменные:

$$g_y = \alpha x + (1 - \alpha)iz - (1 - \alpha)(n + d) = \alpha(x - x^*) + (1 - \alpha)i(z - z^*) + g^*,$$

Динамика переменных x и z задается следующими уравнениями:

$$\frac{\dot{x}}{x} = -(1 - \phi)(x - x^*), \quad (34)$$

$$\frac{\dot{z}}{z} = \alpha(x - x^*) - \alpha i(z - z^*), \quad (35)$$

где i - норма инвестиций в физический капитал, d - норма амортизации. Звездочкой $*$ обозначаются значения переменных в установившемся состоянии:

$$g^* = \frac{\lambda n}{1 - \phi}, \quad x^* = g^*, \quad z^* = (x^* + n + d)/i.$$

Динамическая система, заданная уравнениями (34) и (35) нелинейна, устойчива при $\phi < 1$. Линеаризация системы около её установившегося состояния дает следующий результат:

$$g_y = g^* + \alpha(x_0 - x^*)e^{-bt} + (1 - \alpha)i(z_0 - z^*)e^{-at} + (1 - \alpha)\frac{a}{a-b}(x_0 - x^*)(e^{-bt} - e^{-at}), \quad (36)$$

где $b \equiv (1 - \phi)x^*$, $a \equiv \alpha(x^* + n + d)$. x_0, z_0 - начальные значения в момент перехода.

Переходная динамика подушевого выпуска определяется тремя компонентами уравнения (36):

- Первый элемент отражает прямую динамику перехода, которая имеет место, когда темп роста объема знаний (A) отклоняется от установившегося значение. Скорость схождения темпа роста знаний к установившемуся значению характеризуется параметром b ($b \equiv (1 - \phi)x^*$).
- Второй элемент отвечает за переходную динамику, связанную с аккумулярованием капитала. Скорость схождения характеризуется параметром a ($a \equiv \alpha(x^* + n + d)$).
- Третий член уравнения (36) характеризует взаимозависимость между технологическими изменениями и маргинальным продуктом капитала. Технологические изменения повышают маргинальный продукт капитала, компенсируя тем самым убывающую отдачу при экономическом росте.

Длина траектории перехода зависит от параметра ϕ : чем ϕ ближе к единице, тем длительнее будет переход, так как с ростом ϕ до 1 период полужатухания возрастает до бесконечности.

Субсидии в НИОКР и в накопление капитала не оказывают влияние на долгосрочный рост в данной модели, но влияют на рост вдоль переходной траектории к новому устойчивому состоянию.

5.3 Модель глобализации знаний

В ходе развивающихся глобализационных процессов, сложно представить экономику, настолько замкнутую, чтобы не пользоваться плодами работы мирового научного сообщества. Джонсом была предложена модель [17], рассматривающая мир, состоящий из M независимо развивающихся экономик, которые делятся научными идеями. Экономики имеют одинаковые производственные возможности, но различны по наделенности и распределению ресурсов.

Каждая экономика производит потребительские товары согласно следующей производственной функции:

$$Y_t = A_t^\sigma K_t^\alpha H_{Y_t}^{1-\alpha}, \quad (37)$$

где K_t - физический капитал, H_{Y_t} - количество человеческого капитала, занятого производством выпуска, а A_t - полный объем идей, доступных в данной экономике. Предполагаем, что $0 < \alpha < 1$, $\sigma > 0$.

Аккумуляция физического капитала происходит по следующему принципу:

$$\dot{K}_t = s_{Kt}Y_t - dK_t,$$

где s_{Kt} – норма сбережений, все сбережения идут на инвестиции в капитальные фонды, d – постоянная норма амортизации. Человеческий капитал, занятый в производстве выпуска, задается функцией:

$$H_{Yt} = h_t L_{Yt},$$

где h_t – человеческий капитал на одного индивидуума, а L_{Yt} – количество необученной рабочей силы, занятой в производстве выпуска. Человеческий капитал производится из рабочей силы посредством обучения. Пусть l_h означает время, которое индивид тратит на аккумуляцию человеческого капитала.

$$h_t = e^{\psi l_{ht}}, \quad \psi > 0.$$

Идеи в данной модели являются единственным связующим звеном между экономиками. Идеи, знания, произведенные где-либо в мире, становятся тот час же доступны во всех экономиках. Накопление новых знаний происходит согласно следующему принципу:

$$\dot{A}_t = \delta H_{At}^\lambda A_t^\phi, \quad 0 < \lambda \leq 1, \quad (38)$$

где H_A – эффективность мировых исследовательских усилий, которая задается функцией:

$$H_{At} = \sum_{i=1}^M h_{it}^\theta L_{Ait}.$$

Индекс i – порядковый номер экономики, L_{Ai} – численность исследователей в экономике i , $\theta > 0$. Таким образом, мировые исследовательские усилия представляют собой взвешенную сумму количества исследователей в каждой экономике с весами в виде удельного человеческого капитала h_{it} .

Выражение (38) напоминает выражение (32) модели Ромера-Джонса. В нем учтена возможность дублирования идей, а также влияние накопленных запасов знаний на скорость поступления новых идей в экономику.

Введем ресурсное ограничение на рабочую силу, занятую в экономике. Каждая экономика населена N_t идентичными, бесконечно живущими

индивидуумами. Число жителей в каждой экономике растет с общим постоянным темпом $n > 0$:

$$N_t = N_0 e^{nt}.$$

Каждый индивидуум наделен единицей времени и распределяет это время между производством товаров, идей и человеческого капитала. Индивидуумы, получающие в данный момент образование, не включаются в общее число занятых в экономике:

$$L_{At} + L_{Yt} = L_t = (1 - l_{ht})N_t,$$

где L_t означает численность занятых. $l_A \equiv L_A/L$ - доля рабочей силы, занятая в НИОКР, $l_Y \equiv L_Y/L$ - доля занятых в производстве конечной продукции.

Предполагаем, что s_K , l_h , l_A и l_Y заданы экзогенно и в разных экономиках могут различаться.

5.3.1 Установившееся состояние

Перейдем к удельным величинам в расчете на одного работника, $y_t \equiv Y_t/L_t$, тогда выражение (37) примет следующий вид:

$$y_t = \left(\frac{K_t}{Y_t} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Yt} h_t A_t^{\frac{\sigma}{1-\alpha}}. \quad (39)$$

Вдоль траектории сбалансированного роста все элементы справа, за исключением последнего, постоянны. Из данного выражения несложно найти темп экономического роста в установившемся состоянии.

Пусть запасы K и A растут с постоянными темпами (что в свою очередь требует постоянства темпа роста H_A). Таким образом, из выражения (39) выпуск на одного работника:

$$y_t = \left(\frac{s_{Kt}}{n + g_k + d} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Yt} h_t \left(\frac{\delta}{g_A} \right)^{\frac{\gamma}{\lambda}} H_{At}^{\gamma}, \quad (40)$$

где $k = K/L$, $\gamma \equiv \frac{\sigma}{1-\alpha} \frac{\lambda}{1-\phi}$. Здесь g_x используется для обозначения постоянного темпа роста некоторой переменной x . Итак, мы получили, что темп экономического роста определяет темп роста исследовательских усилий H_A . Вдоль траектории сбалансированного роста темп роста H_A

равен темпу роста численности населения, откуда получаем выражение для темпа роста выпуска на одного работника:

$$g_y = \gamma n = \frac{\sigma}{1 - \alpha} \frac{\lambda n}{1 - \phi} = \frac{\sigma}{1 - \alpha} g_A. \quad (41)$$

Из выражения (41) следует, что рост выпуска на одного работника связан с ростом мирового населения. При данном распределении ресурсов если население удвоить, то H_A также удвоится, а уровень дохода во всех странах в долгосрочной перспективе увеличится в 2^γ раз.

Межстрановые сопоставления показывают отрицательную корреляцию между подушевым выпуском и ростом населения, однако в этой модели показана положительная зависимость. Отрицательную корреляцию между странами приписывают к переходной динамике неоклассической модели роста: повышение темпа роста населения снижает установившееся отношение капитала к выпуску, так как больше инвестиций должно идти на поддержание существующего отношения капитал-выпуск при растущем населении. На существование данного переходного эффекта указывает первый член в скобках выражения (40).

6 Влияние структуры рынка на инновационную активность предприятий

Большим препятствием для понимания роли инноваций в экономических процессах было отсутствие значимых измерений инновационных затрат и инновационной продукции.

В работе [8] были выдвинуты две гипотезы:

- Степень влияния затрат на НИОКР на производство инновационной продукции обусловлена характеристиками структуры рынка.
- Инновационная активность малых и крупных фирм отвечает различным технологическим и экономическим режимам.

С целью проверки данных гипотез была предложена модель, где в качестве объясняющих переменных были выдвинуты следующие характеристики:

- затраты на НИОКР;
- капиталоемкость, измеренная как отношение капитальных фондов к стоимости выпуска;
- коэффициент концентрации, индикатор остроты конкуренции на рынке, рассчитываемый как сумма рыночных долей первых 4 крупных фирм: чем сильнее конкуренция, тем меньше значение коэффициента концентрации;
- юнионизация, определяется как средний процент работников, состоящих в профсоюзе;
- доля расходов на рекламу в валовом выпуске;
- доля отраслевой занятости в крупных компаниях (более 500 работников);
- доля квалифицированной рабочей силы от общего числа занятых;
- валовый выпуск как характеристика размера фирмы, отрасли.

В качестве предмета исследования использовались отрасли промышленности. В качестве меры инновационной активности было выбрано отношение количества инноваций к численности занятых.

В ходе эмпирического исследования были получены следующие результаты: (а) число инноваций отрицательно связано с коэффициентом концентрации (чем выше отраслевая конкуренция, тем выше инновационная активность), (b) юнионизацией (профсоюзы захватывают часть инновационной ренты, снижая эффективность ассигнований в НИОКР и препятствуя инновационной активности), (с) затраты на НИОКР положительно влияют на инновационную активность, (d) инновационный выпуск более восприимчив к частным затратам на НИОКР, нежели к общим затратам (это выражено в различии в коэффициентах эластичности), (е) чем больше отраслевая занятость в крупных фирмах, тем выше инновационная активность.

В результате исследования инновационной активности крупных (более 500 занятых) и мелких (менее 500 занятых) фирм, авторы работы [7] пришли к выводу относительно причин, обуславливающих относительное инновационное преимущество крупных фирм перед мелкими и наоборот. Соотношение между нормами инновационной активности крупных и средних предприятий зависит от характеристик отрасли. Например, крупные фирмы имеют инновационное преимущество на рынках с высокой концентрацией из-за существенных для мелких фирм входных барьеров, тогда как мелкие фирмы более инновационные на конкурентных рынках. Входным барьером для мелких предприятий также служит высокая капиталоемкость отрасли. Таким образом, разница в инновационной активности крупных и мелких предприятий в отрасли положительно коррелирует с капиталоемкостью данной отрасли.

7 Модель роста с эндогенным заданием процессов создания и распространения знаний

Все еще рано говорить о каком-либо полноценном подходе к оценке прямых и обратных эффектов, связывающих научно-технический прогресс с показателями экономического роста. Желательно, чтобы этот подход использовал информацию о процессах, происходящих на всех уровнях иерархии экономической системы, и одновременно учитывал воздействие внешней среды. Тем самым может быть создана основа для правильного экономического обоснования результатов научно-технического прогресса. В дальнейшем будет предпринята попытка связать научно-технический прогресс как с внутренними параметрами системы, так и с характеристиками среды ее функционирования.

7.1 Основная модель

Предположим, что экономика состоит из некоторого количества фирм, осуществляющих как производственную так и инновационную деятельность. Все занятые делятся на три категории: промышленно-производственный персонал L_Y , занятые в НИОКР L_A , квалифицированный персонал L_Q .

$$L_Y + L_A + L_Q = L.$$

В системе непрерывно протекают следующие процессы:

1. Аккумуляция знаний;
2. Зарождение инновационной идеи;
3. Освоение (внедрение) инновации;
4. Выпуск конечной продукции.

Предполагаем, что каждая последующая инновация более наукоемкая и имеет больший экономический потенциал (экономический эффект от внедрения такой инновации определяется объемом знаний в экономике).

Аккумуляция знаний. Производство знаний осуществляется в секторе НИОКР, а динамика процесса накопления знаний определяется численностью занятых в НИОКР L_A :

$$\dot{A} = vH_A$$

где H_A обозначает совокупный человеческий капитал или эффективную численность занятых в НИОКР, v – средняя производительность человеческого капитала в НИОКР.

Совокупный человеческий капитал в секторе НИОКР может быть представлен в следующем виде:

$$H_A = \vartheta L_A,$$

где ϑ обозначает эффективный человеческий капитал на одного занятого в секторе НИОКР. Эффективный человеческий капитал может определяться исходя из уровня образованности общества в целом и затрат на образование. Как было отмечено в раздела 5.3 зависимость эффективности человеческого капитала от образования определяется функцией $e^{\psi l_{ht}}$, где l_{ht} – годы обучения, а ψ можно интерпретировать как отдачу от обучения. Исследование рынка труда, проведенное Минцером [3], дало вполне разумную оценку для параметра ψ : $\psi = 0.07$. Это означает, что дополнительный год обучения приводит к увеличению производительности труда на 7 процентов.

Как показывает опыт, чем больше исследователей занято в какой-либо сфере НИОКР, тем сильнее конкуренция между ними, они “сдерживают” друг друга путем утаивания собственных научных достижений, полученных ими при разработке инновации. К тому же существует возможность возникновения идентичных идей в единицу времени. Отсюда следует, что средняя производительность человеческого капитала v должна убывать при росте численности занятых в НИОКР (см. Рис. 9) и может быть представлена в следующем виде:

$$v = \delta_0 L_A^{\theta-1} \quad \text{или} \quad v = \delta_1 H_A^{\theta-1}, \quad 0 < \theta \leq 1$$

Производительность человеческого капитала в НИОКР также зависит от объема знаний в экономике. Поэтому окончательное выражение для средней производительности человеческого капитала, занятого в НИОКР, будет следующим:

$$v = \delta H_A^{\theta-1} A^\phi, \quad 0 < \theta \leq 1$$

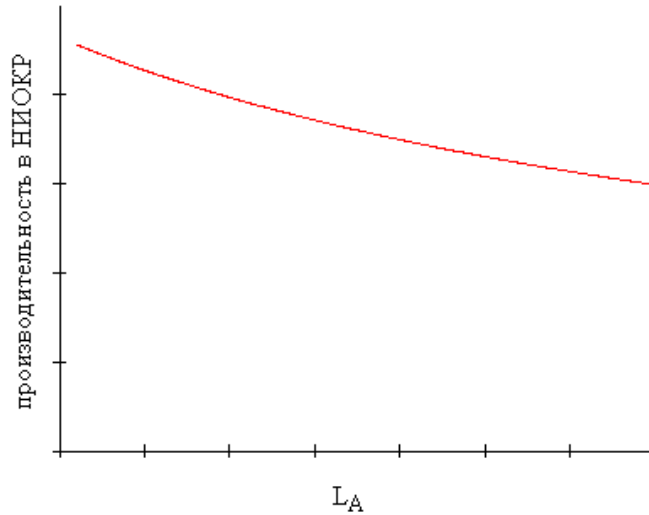


Рис. 9. Зависимость производительности человеческого капитала, занятого в НИОКР, от численности занятых в НИОКР

Отсюда выражение, задающее динамику а процесса накопления знаний в экономике, может быть представлено в следующем виде:

$$\dot{A} = \delta H_A^\theta A^\phi, \quad 0 < \theta \leq 1, \quad (42)$$

Зарождение инновационной идеи. Появление инновационных идей неразрывно связано с процессом накопления знаний. Для нас большее значение имеет не количество инновационных идей в экономике, а их экономический потенциал. Будем предполагать, что совокупный экономический эффект, порождаемый инновациями в результате реализации инновационных идей, относящихся к моменту времени t , равен общему объему знаний в экономике на момент времени t .

Внедрение инноваций. Инновационная деятельность фирм, связанная с внедрением технологий, обычно осуществляется с разной скоростью, которая часто зависит от характеристик отрасли, где фирма ведет свою производственную деятельность. Также скорость отклика фирмы на появление новой технологии характеризуется количеством квалифицированного персонала, занятого в фирме и отвечающего за внедрение технологических новшеств в производственный процесс, и размером компании: для крупных компаний издержки и риски, связанный с внедрением новой технологии выше, также в крупных компаниях шире возможности

применения инновационных технологий. Из рыночных характеристик на скорость внедрения инноваций влияет острота конкуренции.

Будем предполагать, что внедрение инноваций в производство является стохастическим процессом с пуассоновской частотой внедрения λ . λ характеризует скорость отклика фирмы к появлению новой технологии или продукта и может зависеть от вышеприведенных характеристик фирмы и отрасли. Время между последовательными внедрениями τ – случайная величина с экспоненциальным распределением $e^{-\lambda\tau}$.

Степень новизны оборудования, используемого на предприятии, определяет производительность данного предприятия и его уровень научно-технического развития. На основе вышеизложенных предположений относительно характера процессов внедрения инноваций в производство введем функцию уровня научно-технического развития фирмы:

$$\bar{A}_t = \frac{\int_0^t A_{t-\tau} e^{-\lambda(t,\tau)\tau} d\tau}{\int_0^t e^{-\lambda(t,\tau)\tau} d\tau}, \quad \lambda(t, \tau) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau}^t \lambda_\nu d\nu. \quad (43)$$

Далее будет приведено исследование динамики данной функции.

Выпуск конечной продукции. Выпуск фирмы характеризуется производственной функцией следующего вида:

$$Y_t = \bar{A}_t^\sigma K_t^\alpha L_{Yt}^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1, \sigma > 0 \quad (44)$$

где K_t – величина основных фондов. С целью учета в производственной функции лагов в распространении инновационных технологий был введен параметр \bar{A}_t , представляющий уровень научно-технического развития фирмы в момент времени t . \bar{A}_t можно также трактовать, как совокупную факторную производительность (TFP – “total factor productivity”).

Из выражения (42) найдем A_t :

$$\frac{1}{1-\phi} A_t^{1-\phi} = \delta H_{At}^\theta dt.$$

Выпуск фирмы i в расчете на одного занятого может быть выражен в следующей форме:

$$y_{it} = \left(\frac{K_{it}}{Y_{it}} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Yi} \bar{A}_{it}^{\frac{\sigma}{1-\alpha}}, \quad (45)$$

где $y_{it} \equiv \frac{Y_{it}}{L_{it}}$ – выпуск фирмы на одного занятого, $l_{Yi} \equiv \frac{L_{Yit}}{L_{it}}$ – доля персонала, занятого в производстве. \bar{A}_{it} отражает уровень научно-технического развития i -й фирмы в момент времени t . Параметры α и

σ характеризуют абстрактную технологию, используемую фирмой при производстве выпуска, и в разных отраслях могут иметь различные значения.

7.2 Установившееся состояние

В установившемся состоянии структура человеческого капитала остается постоянной, а количество занятых растет с постоянным темпом n . Тогда

$$A_t = \left(\frac{\delta}{\gamma n} H_{A_0}^\theta (e^{\theta n t} - 1) - A_0^{1-\phi} \right)^{\frac{1}{1-\phi}},$$

где $\gamma = \frac{\theta}{1-\phi}$. Введем предположение относительно начального условия $A_0 = \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A_0}^\gamma$. Тогда выражение для объема накопленных знаний примет следующий вид:

$$A_t = \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A_t}^\gamma,$$

Теперь найдем ожидаемый уровень научно-технического развития фирмы. Для упрощения вычислений будем предполагать, что скорость распространения инноваций λ постоянна во времени. Подставив выражение для A_t в (43) придем к следующей цепочке вычислений:

$$\begin{aligned} \bar{A}_t &= \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda t}} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} \int_0^t H_{A_{t-\tau}}^\gamma e^{-\lambda \tau} d\tau \\ \bar{A}_t &= \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda t}} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A_t}^\gamma \int_0^t e^{-(\lambda + \gamma n)\tau} d\tau \\ \bar{A}_t &= \frac{\lambda}{\lambda + \gamma n} \frac{1 - e^{-(\lambda + \gamma n)t}}{1 - e^{-\lambda t}} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A_t}^\gamma \end{aligned} \quad (46)$$

При больших $t \gg 1$ экспоненциальные значения в (46) пренебрежимо малы, пренебрегая ими, выражение (46) может быть преобразовано к следующему виду:

$$\bar{A}_t = \frac{\lambda}{\lambda + \gamma n} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A_t}^\gamma \quad (47)$$

При малых $t \ll 1$ можно применить линейное приближение: $e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t + o(t)$. Тогда выражение (46) примет вид:

$$\bar{A}_t \approx \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{At}^\gamma$$

Коэффициент $\frac{\lambda}{\lambda + \gamma n}$ в выражение (47) отражает временной лаг при распространении инноваций. Видно, что чем больше значение коэффициента, частоты внедрения инноваций, тем меньше величина временного лага. Рассмотрим предельные значения уровня НТП фирмы. Когда $\lambda \rightarrow \infty$ фирма мгновенно реагирует на появление инноваций и тот час внедряет их, то $\bar{A}_t \rightarrow A_t$. В случае же, когда $\lambda \rightarrow 0$ фирма не внедряет инновации в производство, тогда $\bar{A}_t \rightarrow 0$.

$$Y_{it} = K_{it}^\alpha L_{Yit}^{1-\alpha} \left(\frac{\lambda}{\lambda + \gamma n} \right)^\sigma \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{\sigma}{1-\phi}} H_{At}^{\sigma\gamma},$$

$$y_{it} = \left(\frac{K_{it}}{Y_{it}} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Yi} \left(\frac{\lambda}{\lambda + \gamma n} \right)^{\frac{\sigma}{1-\alpha}} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{\sigma}{(1-\phi)(1-\alpha)}} H_{At}^{\frac{\sigma\gamma}{1-\alpha}}, \quad (48)$$

где $y_{it} \equiv \frac{Y_{it}}{L_{it}}$ – выпуск фирмы на одного занятого, l_{Yi} – доля занятых в производстве.

Так как \bar{A} – ненаблюдаемая переменная, параметр σ невозможно идентифицировать. Следовательно мы можем предположить, что $\sigma = 1 - \alpha$. Научно-технический прогресс, включенный в производственную функцию данным образом, будет нейтрален по Харроду и измеряться в единицах нейтральной по Харроду производительности. Тогда формула (48) примет следующий вид:

$$y_{it} = \left(\frac{K_{it}}{Y_{it}} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Yi} \left(\frac{\lambda}{\lambda + \gamma n} \right) \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{At}^\gamma, \quad (49)$$

Чтобы найти темп роста душевого выпуска нужно прологарифмировать, а затем продифференцировать обе части выражения (49). Так как в правой части уравнения в установившемся состоянии все члены, за исключением совокупной численности занятых в НИОКР, постоянны, то темп душевого выпуска равен:

$$g_y = \gamma n.$$

Особый интерес в данном исследовании представляет динамика переходного процесса, так как это даст нам представление о характере и степени воздействия изменений параметров системы на производительность.

7.3 Временные переходные процессы

В данной секции исследуется динамика процесса перехода к новому установившемуся состоянию в результате шоковых изменений параметров системы. Будем предполагать, что шоковые изменения в экономике не влияют на темп роста населения.

Пусть в момент времени t_0 произошло резкое увеличение численности занятых, причем структура занятости осталась прежней.

$$H_{At} = \begin{cases} H_{A0}e^{nt}, & t < t_0 \\ \xi H_{A0}e^{nt}, & t \geq t_0 \end{cases}$$

Динамика объема накопленных знаний A в процессе перехода к новому стационарному состоянию изображена на Рис. 10. А функция объема накопленных знаний будет иметь вид²:

$$A_t = \begin{cases} \left(\frac{\delta}{\gamma n}\right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A0}^\gamma e^{\gamma nt}, & t < t_0 \\ \left(\frac{\delta}{\gamma n}\right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A0}^\gamma \left[\xi^\theta e^{\theta nt} + (1 - \xi^\theta)e^{\theta nt_0}\right]^{\frac{1}{1-\phi}}, & t \geq t_0 \end{cases} \quad (50)$$

Ожидаемый уровень научно-технического развития фирмы:

$$\bar{A}_t = \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda t}} \left[\int_{t-t_0}^t A_{t-\tau} e^{-\lambda \tau} d\tau + \int_0^{t-t_0} A_{t-\tau} e^{-\lambda \tau} d\tau \right]$$

²Выражение (50) находим посредством решения дифференциального уравнения (42), проведя следующий ряд вычислений:

$$\begin{aligned} A_t^{1-\phi} &= \frac{\delta}{\gamma n} H_{A0}^\theta e^{\theta nt}, & t < t_0 \\ A_t^{1-\phi} &= \frac{\delta}{\gamma n} \xi^\theta H_{A0}^\theta e^{\theta nt} + C, & t \geq t_0 \end{aligned}$$

При $t = t_0$ должно выполняться условие связи, откуда находим выражение для C :

$$C = (1 - \xi^\theta) \frac{\delta}{\gamma n} H_{A0}^\theta e^{\theta nt_0}$$

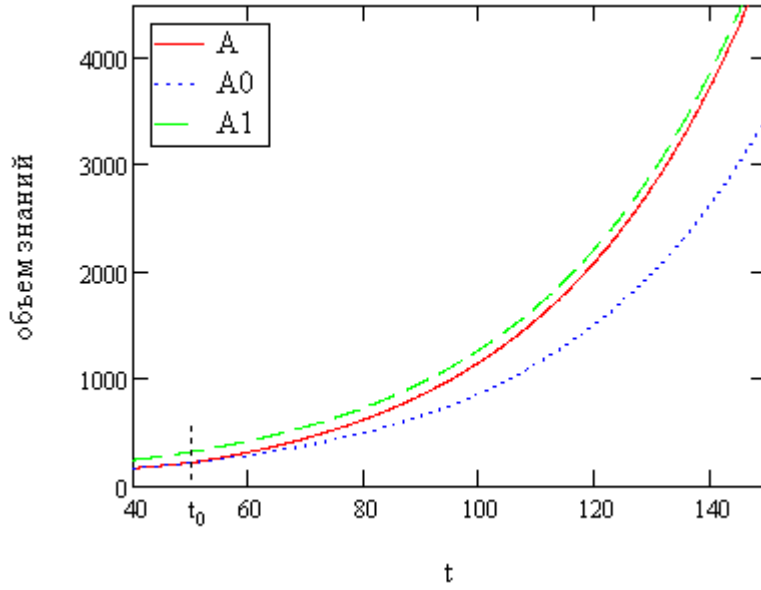


Рис. 10. Динамика объема знаний A при переходе к новому стационарному состоянию ($t_0 = 50$, $\xi = 2$)

$$\bar{A}_t = \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda t}} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} H_{A0}^\gamma \left[\int_{t-t_0}^t e^{\gamma n(t-\tau)} e^{-\lambda \tau} d\tau + \int_0^{t-t_0} \left[\xi^\theta e^{\theta n(t-\tau)} + (1 - \xi^\theta) e^{\theta n t_0} \right]^{\frac{1}{1-\phi}} e^{-\lambda \tau} d\tau \right] \quad (51)$$

При достаточно больших значениях $t \gg t_0$ выражение (51) переходит в новое стационарное состояние:

$$\bar{A}_t \rightarrow \frac{\lambda}{\lambda + \gamma n} \left(\frac{\delta}{\gamma n} \right)^{\frac{1}{1-\phi}} \xi^\gamma H_{A0}^\gamma e^{\gamma n t}$$

Проведя вычисления, аналогичные (48) приходим к выводу, что при увеличении численности занятых в ξ раз в момент t_0 подушевой выпуск в новом установившемся состоянии увеличится в ξ^γ раз. Динамика ожидаемого уровня технологического развития представлена на Рис. 11. Траектория ЕА0 соответствует динамики уровня технологического развития фирмы в отсутствии шоковых изменений численности занятых в

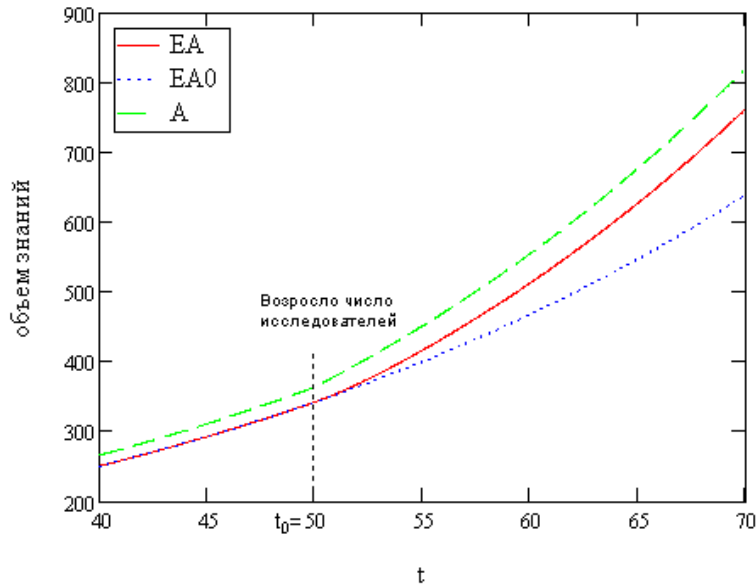


Рис. 11. Динамика ожидаемого уровня технологического развития $\bar{A} = EA$ при увеличении численности занятых в НИОКР в 2 раза

НИОКР. Как видно из графика, при увеличении количества занятых в НИОКР увеличивается инновационная активность, и ускоряется рост уровня научно-технического развития фирмы.

Теперь предположим, что скорость распространения инноваций постоянна на всем рассматриваемом временном интервале, и претерпевает шоковое изменение в момент времени t_1 :

$$\lambda(t) = \begin{cases} \lambda_1, & t < t_1 \\ \lambda_2, & t \geq t_1 \end{cases}$$

Динамика уровня технологического развития фирмы, рассчитанная по формуле (43), при шоковом увеличении скорости внедрения инноваций представлена на Рис. 12. С увеличением λ фирма становится более восприимчивой к появлению новых знаний и технологий в экономике. Следовательно, уровень технологического развития фирмы должен сместиться к общему уровню знаний в экономике, что мы и наблюдаем на Рис. 12. Как видно из Рис. 11 и 12 уровень научно-технического развития фирмы не претерпевает разрывов даже при шоковом изменении характеристик

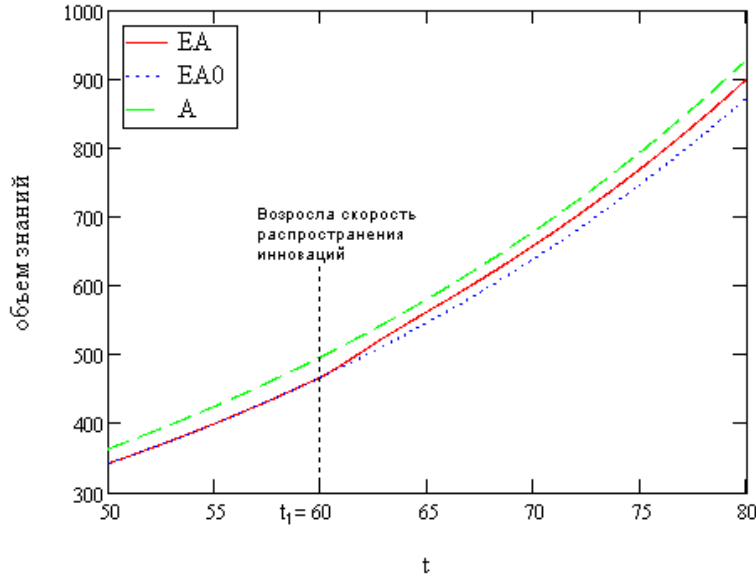


Рис. 12. Динамика ожидаемого уровня технологического развития $\bar{A} = EA$ при увеличении скорости распространения инноваций 2 раза

системы. Это говорит о том, что функция уровня научно-технического развития фирмы (43) выбрана адекватно.

Исследуем динамику темпа роста общего объема знаний. Для этого введем обозначение $x \equiv \dot{A}/A$. Из (42) имеем следующее динамическое уравнение для x :

$$\frac{\dot{x}}{x} = -(1 - \phi)(x - \gamma n)$$

Откуда, обозначив $x^* = \gamma n$ — для установившегося состояния, имеем:

$$\frac{x_t - x^*}{x_t} = \frac{x_0 - x^*}{x_0} e^{-\theta n t} \quad (52)$$

Из выражения (52) может быть найден период полузатухания возмущения, связанного с отклонением темпа роста объема знаний x от темпа роста в установившемся состоянии x^* :

$$t_{1/2} = \frac{\ln(1 + x^*/x_0)}{\theta n}$$

7.4 Эндогенная скорость распространения знаний

Исследования инновационной активности подтвердили ряд гипотез относительно факторов влияющих на инновационную активность предприятий. Эти факторы могут быть как непосредственными характеристиками предприятия, так и отрасли функционирования данного предприятия. Будем предполагать, что пуассоновская частота внедрения инноваций является функцией размера предприятия, уровня отраслевой конкуренции и численности квалифицированного персонала, занятого на предприятии:

$$\lambda = \lambda(L_Q, CON, S),$$

где CON – характеристика остроты конкуренции (чем больше значение CON , тем выше уровень конкуренции в отрасли), S – размер предприятия. Размер предприятия может определяться его выпуском, следовательно, $S_t = Y_t$. При этом λ должно удовлетворять следующему условию:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial x} > 0, \quad \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x^2} \leq 0 \quad x \in \{L_Q, CON, S\}$$

Естественно предположить $\lambda(0, CON, S) = 0$, то есть при отсутствии квалифицированных кадров на предприятии никакого внедрения инноваций производиться не будет. Тогда λ можно представить в виде $\lambda_0(CON, S)\varphi(L_Q)$, где

$$\varphi(0) = 0, \quad \varphi'(L_Q) > 0, \quad \varphi''(L_Q) \leq 0 \quad \forall L_Q \geq 0.$$

Согласно результатам пункта 2.3 можно предположить логарифмический характер зависимости λ_0 от размера предприятия S . Но все еще остается под вопросом соотношение между собой уровень остроты конкуренции в отрасли CON и размер предприятия S . Отсутствие конкуренции в отрасли не исключает стимулов к внедрению новых технологий, снижающих издержки производства, следовательно, λ_0 не может быть выражена через произведение функций одной переменной.

7.5 Количественный анализ

В данной разделе будут проверены гипотезы относительно факторов, объясняющих различия в уровнях научно-технического развития российских предприятий.

7.5.1 Описание данных

В анализе использовались данные Института экономики переходного периода (ИЭПП) по финансовой деятельности предприятий (~ 4000 предприятий) с 1996 по 2003 годы. С целью проверки гипотез были выбраны следующие показатели:

- среднесписочную численность промышленно-производственного персонала за отчетный год L_t ,
- среднесписочную численность рабочих за отчетный год L_{Yt} ,
- объем основных средств K (дефлированный по ИЦП),
- выручка от реализации товаров, продукции, работ, услуг Y (дефлированный по ИЦП)
- амортизация основных средств $depr$ (дефлированная по ИЦП)

Данные классифицированы по отраслям и регионам. (Было произведено агрегирование отраслей в соответствии с 4-digit ОКОНХ. Таким образом, предприятия были распределены среди 25 отраслей.) На основе этих данных могут быть построены показатели, использованные в описании модели. Например, индикатор остроты конкуренции в отрасли $CON1$ (обратнопропорционален CON) рассчитываем как сумму рыночных долей первых 4 крупнейших предприятий отрасли. Чем сильнее конкуренция в данной отрасли, тем меньше значение показателя, рассчитанного данным образом.

7.5.2 Методика оценки научно-технического прогресса

Для эмпирического анализа теории накопления и распространения знаний сперва следует оценить величину совокупной факторной производительности \bar{A}_{it} . Для ее оценки будем использовать модель (45). Так как \bar{A}_{it} – ненаблюдаемая переменная, то можно предположить, что $\sigma = 1 - \alpha$. Данное предположение осложняет тот факт, что абстрактные технологии, используемые в разных отраслях, могут различаться, следовательно, параметры α и σ могут принимать различные значения. Но для возможности осуществления эмпирического анализа будем предполагать,

что отношение $\frac{\sigma}{1-\alpha}$ остается постоянным среди всех отраслей. Тогда модель для оценки \bar{A}_{it} примет следующий вид:

$$y_{it} = \left(\frac{K_{it}}{Y_{it}} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Yi} \bar{A}_{it},$$

Обозначим крышечкой \hat{x} логарифмированной значение переменной x : $\hat{x} \equiv \ln x$. Тогда уравнение регрессии для оценки ненаблюдаемой переменной \bar{A}_{it} будет выглядеть следующим образом:

$$\hat{y}_{it} = \frac{\alpha}{1-\alpha} (\hat{K}_{it} - \hat{Y}_{it}) + \hat{l}_{Yi} + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (53)$$

где величина μ_i выражает индивидуальный эффект фирмы i , а ε_{it} — остаток регрессии. Откуда уровень научно-технического развития фирмы может быть оценен как:

$$\ln \bar{A}_{it} = \mu_i + \varepsilon_{it}. \quad (54)$$

Исследование модели (53) следует проводить для каждой отрасли в отдельности с целью учета межотраслевых различий коэффициентов регрессии. Пришли к выводу о наличии индивидуальных эффектов во всех отраслях: гипотеза об отсутствии индивидуальных эффектов была отклонена на уровне значимости 1%. Тест Хаусмана показал наличие фиксированных индивидуальных эффектов в 21 из 25 отраслей.

Согласно формуле (54) были получены оценки для переменной \bar{A}_{it} .

7.5.3 Эмпирическая модель

При составлении теоретической модели, мы предполагали, что уровень научно-технического развития (НТР) \bar{A} фирмы определяется исходя из общего объема накопленных знаний A и скорости внедрения знаний λ . В экономике идет постепенное накопление знаний, которые постепенно воплощаются в НТР фирмы. В результате можно предположить, что уровень НТР фирмы должен зависеть от численности исследователей в экономике, причем характер зависимости должен быть положительным, однако эту зависимость будет сложно проверить, так как мы имеем данные только за 8 лет, и результаты получились бы весьма сомнительными.

Исходя из предположений относительно характеристик, определяющих скорость внедрения λ , включим в нашу эмпирическую модель следующие показатели:

- размер предприятия, в качестве меры размера предприятия будем использовать его выпуск Y (Предполагается положительная зависимость, обоснование приведено в разделе 2.3);
- коэффициент концентрации $CON1$, индикатор остроты конкуренции на рынке, рассчитываемый как сумма рыночных долей первых 4 крупных фирм: чем сильнее конкуренция, тем меньше значение коэффициента концентрации (Предполагается отрицательную зависимость. Конкуренция на рынке является стимулом для промышленных предприятий к использованию в производстве передового оборудования и технологий для снижения издержек и повышения качества продукции, иначе они рискуют потерять свою долю рынка);
- капиталовооруженность k – основной капитал на одного работника (Предполагаем положительную зависимость. Этот показатель частично характеризует род деятельности компании, увеличение капиталовооруженности говорит об увеличении стоимости основного капитала в расчете на одного работника, в которую может быть заложена стоимость высокотехнологичного оборудования. К тому же рациональное управление предприятием требует применение передовых организационных методов, особенно это актуально при большой капиталовооруженности);
- объема амортизационных отчислений $depr$ (Предполагаем положительную зависимость. Чем больше выбытие капитала, тем больше возможностей для ввода в производство нового улучшенного оборудования).

Таким образом для проведения эмпирического исследования будем использовать следующую модель:

$$\ln \bar{A}_{it} = \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 \ln CON1_{it} + \beta_3 \ln depr_{it} + \beta_4 \ln k_{it} + const + \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad (55)$$

где μ_i – коэффициент, выражающий индивидуальный эффект фирмы i , который может выражает такие факторы, как численность квалифицированного персонала, исследователей и др., а ε_{it} – остаток регрессии.

7.5.4 Регрессионный анализ

В результате эмпирического анализа модели (55) было выявлено, что наиболее предпочтительными являются модель с фиксированным индивидуальным эффектом. Оценки коэффициентов регрессии для данной модели приведены в табл. 2.

$\ln \bar{A}$	Коэф.	Стд. Ошибка	t -стат.	$P > |t|$
$\ln Y$	.2599656	.007136	36.43	0.000
$\ln CON1$	-.0403698	.0059205	-6.82	0.000
$\ln depr$	-.0108705	.0020947	-5.19	0.000
$\ln k$	.9412858	.0063378	148.52	0.000
$const$	-2.108581	.0957587	-22.02	0.000
σ_μ	.64483513			
σ_e	.32402892			
ρ	.79839994	(доля μ_i в дисперсии)		
F-тест $\forall \mu_i = 0$: $F(7387, 12416) = 5.79$ Prob > F = 0.0000				
7388 предприятий				

Таблица 2. Регрессия с фиксированным эффектом для $\ln \bar{A}$

Все коэффициенты модели значимы при уровне значимости 1%. Предположения относительно характера зависимости уровня научно-технического развития фирмы от размера предприятия и уровня отраслевой конкуренции получили подтверждение. Однако что интересно: мы наблюдаем отрицательную зависимость уровня научно-технического развития предприятий от величины расходов на амортизацию основного капитала; уровень научно-технического развития предприятия положительно связан с капиталовооруженностью предприятия k (основные средства/численность занятых), причем эта зависимость весьма существенная (коэффициент эластичности 0.94).

Заметим, что инновационная активность крупных и мелких предприятий может отвечать различным технологическим и экономическим режимам. Крупные предприятия имеют инновационное преимущество на рынках с низким уровнем конкуренции по причине существенных для мелких предприятий входных барьеров (высокая капиталоемкость отрасли, потребность в крупных инвестициях), тогда как мелкие предприятия более инновационные на конкурентных рынках. Поэтому естественно предположить, что отраслевая конкуренция оказывает меньшее влияние

на инновационную деятельность крупных предприятий, а следовательно и на их уровень научно-технического развития. Эластичности остальных факторов, определяющих уровень научно-технического развития предприятий, для малых и кранных фирм также могут иметь различные значения (см. табл. 3).

$\ln \bar{A}$	Коэф.	Стд. Ошибка	t -стат.	$P > |t|$
$\ln Y$	.2949377	.0071926	41.01	0.000
$\ln CON1$	-.0437694	.0054593	-8.02	0.000
$\ln depr$	-.0076545	.0020692	-3.70	0.000
$\ln k$	.7087049	.0073525	96.39	0.000
$const$	-1.739587	.1005332	-17.30	0.000
σ_μ	.40021502			
σ_e	.24632497			
ρ	.72525911	(доля μ_i в дисперсии)		
F-тест $\forall \mu_i = 0$: F(3936,8191) = 6.67 Prob > F = 0.0000				

3937 предприятий

Таблица 3. Регрессия с фиксированным эффектом для $\ln \bar{A}$ по выборке из крупных предприятий (>500 занятых)

Сравнивая коэффициенты эластичности крупных компаний (см. табл. 3) с коэффициентами эластичности по совокупной выборке компаний (см. табл. 2) можно прийти к следующим выводам относительно характера зависимости уровня научно-технического развития (НТР) крупных и мелких компаний: характер и степень зависимости уровня НТР крупных и мелких предприятия от размера предприятия (характеризуется выпуском Y), уровня отраслевой конкуренции $CON1$, расходов на амортизацию основного капитала $depr$ в пределах погрешности остался прежним; уровень НТР крупных предприятий менее восприимчив к изменению капиталовооруженности предприятия k .

7.6 Обсуждение результатов

Что нового в предложенной аналитической модели? В популярных моделях, описывающих экономический рост как результат роста знаний, инновационной деятельности, рассматривались всего лишь отдельные стадии инновационного процесса: в моделях “креативного разрушения”

(см. раздел 4) учитывалась стадия внедрения инноваций, путем введения стохастического временного интервала между последовательными инновациями, внедренными в производство; в моделях Ромера и Джонса (см. раздел 5) рассматривалась стадия накопления знаний в экономике, а научно-технический прогресс, включенный в производственную функцию, определялся объемом накопленных знаний. В предложенной модели была установлена связь между процессами накопления знаний и внедрением инноваций в производство.

В моделях Ромера и Джонса была только предложена формула, описывающая процесс накопления знаний, но отсутствовало разумное объяснение касательно способа включения в формулу параметров, объясняющих процесс накопления знаний, мной же был предложен вариант построения данной формулы, учитывающий отрицательный характер зависимости средней производительности занятых в НИОКР от увеличения их численности. Чем больше исследователей занято в какой-либо отрасли НИОКР, тем сильнее конкуренция между ними (в данной отрасли НИОКР), они “сдерживают” друг друга путем утаивания собственных научных достижений, полученных ими при разработке инноваций. К тому следует учитывать возможность возникновения идентичных идей. Этим и объясняется отрицательная зависимость средней производительности занятых в НИОКР от численности занятых в НИОКР. Говоря о возможности существования синергетического эффекта в НИОКР, следует заметить, что он будет иметь место в результате сбалансированного развития и взаимодействия различных отраслей НИОКР. С целью учета синергетического эффекта при создании знаний в модель следовало бы ввести дополнительные характеристики, учитывающие связи между различными отраслями НИОКР и возможность их отклонения от сбалансированной траектории развития.

Выбор функции для уровня научно-технического развития фирмы оказался весьма удачным: функция не испытывает разрывов даже при резком изменении параметров системы (численности занятых в НИОКР и скорости внедрения инноваций). При увеличении численности занятых в НИОКР рост знаний в экономике и, как следствие, уровня научно-технического развития предприятий ускоряется. А увеличение скорости внедрения инноваций приводит к смещению траектории уровня научно-технического развития предприятия и сокращению временного лага между этапами возникновения новых знаний и вводом инновации в производство.

Полученная зависимость уровня научно-технического развития предприятия, оцененного в рамках модели (45), от его размера, уровня отраслевой конкуренции и капиталовооруженности удовлетворяет ранее сделанным предположениям относительно характера этой зависимости:

- **размер предприятия** (положительная зависимость)

- Издержки и риски, связанные с внедрением новой технологии, для малых фирм существенно выше, нежели для больших: крупные фирмы обладают большим объемом финансовых ресурсов, которые можно направить на инвестиции в инновации; в крупных фирмах больше инженеринговых отделов, лучше условия для проведения экспериментирования, более тесные связи с производителями оборудования.
- В крупных компаниях шире спектр деятельности, следовательно, выше шансы того, что инновация в данной компании окажется востребована. Это достаточно важный фактор, так как возникновением инновации сфера ее применимости весьма часто ограничена.
- Крупные фирмы имеют много единиц разнообразного оборудования. Для крупных фирм более вероятно, что рано или поздно возникнет необходимость замены оборудования.

- **уровень отраслевой конкуренции** (положительная зависимость)

Конкуренция на рынке является стимулом для промышленных предприятий к использованию в производстве передового оборудования и технологий для снижения издержек и повышения качества продукции, иначе они рискуют потерять свою долю рынка.

- **капиталовооруженность** (положительная зависимость)

Капиталовооруженность зависит от рода деятельности компании, высокая величина капиталовооруженности говорит об высокой стоимости основного капитала в расчете на одного работника. А высокая стоимость основного капитала может быть обусловлена использованием дорогостоящего высокотехнологичного оборудования. Кроме того рациональное управление предприятием требует применение передовых организационных методов, особенно это актуально при большой капиталовооруженности.

Неизменный характер зависимости уровня научно-технического развития крупных и мелких компаний размера предприятия, уровня отраслевой конкуренции и капиталовооруженности можно объяснить наличием взаимозависимости между этими факторами: уровень отраслевой конкуренции объясняется размером предприятия отрасли, а так как крупные предприятия обычно сосредоточены в специфических капиталоемких отраслях, им обычно соответствуют свои значения капиталовооруженности.

Расходы на амортизацию основного капитала слабо влияют на уровень научно-технического развития предприятий (коэффициент эластичности -0.01). Но все же с чем может быть связана наблюдаемая отрицательная зависимость уровня научно-технического развития предприятий от объема амортизационных отчислений? На этот вопрос еще предстоит ответить.

8 Заключение

В первой части работы были собраны модели, описывающие процесс распространения инноваций, их оптимальное время внедрения, факторы, определяющие скорость внедрения. Пришли к выводу, что процесс распространения инноваций описывается логистической кривой, конкуренция в инновационной деятельности является причиной неоптимальности и может привести к преждевременному внедрению инновации, общественно-оптимальная дата внедрения наступает раньше даты, оптимальной для инноватора, а субсидирование инновационной деятельности ускоряет внедрение, приближая дату внедрения к общественно-оптимальной отметке. Также приведены результаты эмпирического анализа, в которых было установлено, что отклик фирмы к появлению новой инновации определяется размером фирмы и рентабельностью инвестиций в инновацию.

Далее были рассмотрены модели, основанные на теории Шумпетера о “креативном разрушении”. Теория имеет дело с радикальными инновациями. Предполагалось, что каждая последующая радикальная инновация “разрушает” поток рентных доходов от использования предшествующей инновации, поэтому теория получила название “теория креативного разрушения”. Была выявлена отрицательная зависимость между количеством квалифицированных кадров, занятых исследованиями, в текущем периоде от их ожидаемого количества в будущем периоде. К причинам подобной зависимости можно отнести два эффекта. Во-первых, результаты исследований текущего периода выражаются в монопольной ренте в следующем периоде. Эта рента будет поступать по тех пор, пока не появится следующая инновация. Таким образом, ожидаемая приведенная стоимость ренты отрицательно зависит от скорости поступления инноваций в следующем периоде, определяющейся в свою очередь численностью исследователей. Во-вторых, ожиданию большего числа исследований в следующем периоде должен соответствовать больший ожидаемый спрос на квалифицированных работников в исследовательской сфере, что подразумевает ожидание более высокой реальной оплаты труда квалифицированных работников. Более высокая заработная плата в следующем периоде снизит монопольную ренту, ожидаемую успешным инноватором. Таким образом, ожидание большего количества исследований в следующем периоде будет препятствовать исследованиям текущего периода путем снижения ожидаемых рентных потоков. На основе

гипотезы “креативного разрушения” были также представлены модели, описывающие процесс распространения инновации между отраслями и объясняющие неравенство в оплате труда как между группами квалифицированных и неквалифицированных работников, так и внутри группы квалифицированных работников.

В разделе 5 была представлена модель, учитывающая эндогенный характер научно-технического прогресса. При исследовании модели, было получено, что на траектории устойчивого роста темп роста производительности является функцией экзогенно-заданных параметров и зависит только от темпа роста населения. Субсидии в НИОКР и в накопление капитала не оказывают влияние на долгосрочный рост в данной модели, но влияют на рост вдоль переходной траектории к новому устойчивому состоянию.

Отталкиваясь от работы Джонса (см. раздел 5.3) и учитывая некоторые идеи из работ других авторов, мы попытались ввести дополнительную гипотезу касательно проистекания инновационного процесса. В модель были включены следующие процессы, приводящие к росту производительности труда: аккумуляция знаний, освоение (внедрение) инноваций и выпуск конечной продукции. Подход, примененный при описании модели раздела 7 учитывает стохастическую природу процесса внедрения инноваций, а также влияние на проистекание данного процесса как внутренних, так и внешних факторов: объема накопленных знаний, численности исследователей, квалифицированного персонала, уровня отраслевой конкуренции, размера предприятия, капиталовооруженности и амортизационных отчислений.

В эмпирической части были проверены гипотезы относительно характера зависимости уровня научно-технического развития предприятия. Для осуществления эмпирического анализа был предложен метод оценки ненаблюдаемого параметра научно-технического развития. Пришли к выводам, что чем выше конкуренция в отрасли, больше предприятие и капиталовооруженность, тем выше уровень научно-технического развития фирмы. Расходы на амортизацию основных средств оказывают отрицательное влияние на уровень научно-технического развития. При сопоставлении крупных (более 500 работников) и мелких предприятий было получено, что уровень НТР крупных предприятий менее восприимчив к изменению капиталовооруженности предприятия, а характер влияния остальных факторов не изменился.

А Приложение. Основные понятия

Инновация – 1) внедрение новых или значительно улучшенных продуктов (товаров или услуг), процессов, нового маркетингового метода, нового организационного метода деловой активности, организации производства системы или внешних отношений³; 2) конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, нового маркетингового метода, нового организационного метода деловой активности, организации производства системы или внешних отношений; 3) материализованный результат, полученный от вложения капитала в новую технику или технологию, в новые формы организации производства, труда, обслуживания, управления.

Инновационная деятельность или процесс – 1) процесс создания, освоения и распространения инноваций; 2) последовательность действий по инициации инновации, по разработке новых продуктов и операций, по их реализации на рынке и по дальнейшему распространению результатов.

Инновационная деятельность включает в себя все научные, технологические, организационные, финансовые и коммерческие операции, предназначенные или приводящие к инновациям. Некоторые виды инновационной деятельности не являются новаторскими сами по себе, но необходимы для введения инноваций. Инновационная деятельность также включает в себя сектор НИОКР, не связанный непосредственно с развитием определенной инновации.

Четыре типа инноваций:

- 1,2) технологические инновации в области продуктов и процессов (ТПП)
- 3) организационные
- 4) маркетинговые

³См. Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. Third edition. OECD, 2005.

Продуктовая инновация – введение нового или значительно улучшенного продукта или услуги по отношению к его основным характеристикам или области использования. Такая инновация включает в себя значительные улучшения технических параметров, составных частей и расходных материалов, встроенного программного обеспечения, методов использования и других функциональных характеристик.

Процессная инновация – введение нового или значительно улучшенного производственного метода или механизма поставок. Данный тип инноваций подразумевает значительные изменения технологий, оборудования и/или программного обеспечения.

Маркетинговая инновация – введение нового маркетингового метода, обеспечивающего существенные изменения в дизайне продукта или упаковке, размещении, продвижении продуктов и ценообразовании.

Организационная инновация – введение нового организационного метода в деятельности фирмы, организации производственной системы или внешних отношениях.

Радикальные инновации имеют значительное воздействие на рынок и экономическую активность фирм на данном рынке. Классификация радикальных инноваций в соответствии со степенью воздействия на рынок:

- приводят к изменению структуры рынка
- приводят созданию новых рынков
- приводят к признанию существующих продуктов устаревшими

Три концепции новизны инноваций:

- новая для фирмы
- новая для рынка (понятие рынок ограничивается конкретной фирмой и ее конкурентами и может включать определенную географическую область или ассортимент продукции)
- новая для мира (самая высокая степень новизны, т.е. новая для всех рынков и отраслей промышленности)

Классификация инноваций по уровню значимости:

- инновация установила совершенно новую товарную категорию
- инновация первая своего типа на рынке в уже существующей товарной категории
- инновация представляет значительное усовершенствование существующей технологии
- инновация представляет скромное улучшение, произведенное с целью модернизировать существующий товар

Инновационная фирма – фирма, реализовавшая инновацию в течение отчетного периода времени.

Инновационной фирмой в области продуктов и процессов считается фирма, которая внедрила новый или значительно улучшенный продукт или процесс в течение отчетного периода.

Капиталовооруженность – отношение стоимости основного капитала к численности занятых.

Капиталоемкость – отношение стоимости основного капитала к стоимости выпуска.

Список литературы

Учебники и учебные пособия

- [1] Варшавский А.Е. Научно-технический прогресс в моделях экономического развития. – М.: Финансы и статистика, 1984.
- [2] Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. – М.: Дело, 2005.
- [3] Mincer J. Schooling, experience and earnings. – NY: Columbia University Press, 1974.
- [4] Romer D. Advanced Macroeconomics. – NY: McGraw-Hill, 1996.
- [5] The knowledge-based economy. – Paris: OECD, 1996.
- [6] Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. Third edition. OECD, 2005.

Периодические издания

- [7] Acs Z., Audretsch D. Innovation, Market Structure, and Firm Size. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 69, No. 4. (Nov., 1987), pp. 567-574.
- [8] Acs Z., Audretsch D. Innovation in Large and Small Firms: An Empirical Analysis. *The American Economic Review*, Vol. 78, No. 4. (Sep., 1988), pp. 678-690.
- [9] Aghion P., Howitt P. A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, Vol. 60, No. 2. (May, 1992), pp. 323-351.
- [10] Aghion P. Schumpeterian Growth Theory and the Dynamics of Income Inequality. *Econometrica*, Vol. 70, No. 3. (May, 2002), pp. 855-882.
- [11] Barzel Y. Optimal Timing of Innovations. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 50, No. 3. (Aug., 1968), pp. 348-355.
- [12] Griliches Z. Education, Human Capital, and Growth: A Personal Perspective. *Journal of Labor Economics*, Vol. 15, No. 1, Part 2. (Jan., 1997), pp. S330-S344.

- [13] Griliches Z. Current Retardation in U.S. Productivity Growth. *The American Economic Review*, Vol. 70, No. 2, Papers and Proceedings of the Ninety-Second Annual Meeting of the American Economic Association. (May, 1980), pp. 343-348.
- [14] Mankiw N., Romer D., Weil D. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, No. 2. (May, 1992), pp. 407-437.
- [15] Mansfield E. The Speed of Response of Firms to New Techniques. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 77, No. 2. (May, 1963), pp. 290-311.
- [16] Jones C. R & D-Based Models of Economic Growth. *The Journal of Political Economy*, Vol. 103, No. 4. (Aug., 1995), pp. 759-784.
- [17] Jones C. Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas. *The American Economic Review*, Vol. 92, No. 1. (Mar., 2002), pp. 220-239.
- [18] Romer P. Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Part 2. (Oct., 1990), pp. S71-S102.
- [19] Solow R. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3. (Aug., 1957), pp. 312-320.