
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ОЛИГОПОЛЬНОЙ КОНКУРЕНЦИИ ИННОВАТОРА И ЕГО ПРЕСЛЕДОВАТЕЛЯ

© 2013 г. А.С. Плещинский, Е.С. Жильцова

(Москва)

С помощью разработанной аналитической модели исследован процесс модернизации производства предприятиями-инноваторами и преследователями, стратегии которых отличаются сроками и затратами. Определены условия выигрыша инноватора или преследователя в результате конкуренции в детерминированном и стохастическом вариантах модели. Даны выражения для переговорного множества значений цены права на новую технологию при сделке конкурентов. Исследовано влияние сроков и инновационных издержек на результаты модернизации.

Ключевые слова: модернизация, дуополия, инноватор, конкуренция, снижение издержек, конкурентное преимущество.

ВВЕДЕНИЕ

Теория анализа исследований, разработок и освоения новых технологий (ИРОТ) глубоко разработана, развита и широко известна (Тириоль, 2000; Хэй, Моррис, 1999; Aghion, Howitt, 1999). Анализ олигополистической конкуренции при инвестициях в производство рассматривался в отечественной литературе (Варшавский, 2009; Вороновицкий, 2009; Дементьев, 2007). Однако необходимы современные выводы для практической модернизации производства. Модернизация производства – усовершенствование производственных процессов, внедрение новых технологий или товаров – позволяет предприятию получить конкурентные преимущества на рынке.

Экономическое развитие происходит путем нарушения (сдвига) состояния равновесия, когда один из хозяйствующих субъектов рынка пытается получить конкурентное преимущество и тем самым улучшить свое положение (Портер, 2007). Получить преимущество на рынке можно в виде лидерства по издержкам в случае инновации в производственные процессы, т.е. внедрения новой технологии, позволяющей снизить издержки производства и увеличить свою рыночную долю, или как преимущество на рынке дифференцированного продукта в случае товарной инновации.

Объектом данного анализа является дуополия – отрасль, в которой производство осуществляется двумя крупными фирмами. Конкурируя друг с другом, оба предприятия принимают решения об объемах выпуска однородной продукции. Так как цель исследования – выявить результаты модернизации производства, когда фирмы применяют две различные стратегии, отличающиеся сроками и инновационными затратами, поэтому достаточно рассмотреть дуополию. Увеличение числа предприятий в отрасли, т.е. исследование объекта – олигополии, приводит только к угрозе модели без принципиальных дополнительных выводов. Экономическая прибыль от деятельности олигополистов положительна в отличие от ситуации на совершенно конкурентном рынке, а рыночная власть ограничивается лишь угрозой вторжения на рынок извне новых предприятий.

Представим ситуацию, вынуждающую производителей проводить активную политику, например обновлять производственные фонды, внедрять более прогрессивные технологии, которые позволили бы снизить издержки производства и скорее всего улучшить качество продукции. К инвестициям их может принудить угроза появления товаров из-за рубежа – более качествен-

ных, дешевых и, следовательно, более конкурентоспособных. Возможны разные варианты стратегий при внедрении новых технологий. Предприятие n , ведущее собственные ИРОТ и первым осуществляющее инновацию (инноватор), получает преимущество перед своими конкурентами, которые не желают или не могут в эти же сроки проводить модернизацию. Среди них можно различать тех, кто повторяет с некоторым запозданием поведение инноватора и является предприятием-преследователем (фирма r), и тех, кто продолжает использовать старые технологии, не затрачивая средств (ресурсов) ни на исследования и разработки, ни на приобретение лицензий, защищенных патентами. Отсюда возникает идея сравнить преимущества различных способов внедрения новой технологии – инноваторами и преследователями.

Наиболее интересным для анализа результатов конкуренции представляется сценарий, в котором разработку более эффективной технологии преследователь производит после того, как ее совершит инноватор. В этом случае целесообразно рассмотреть три промежутка времени с отличающимися состояниями экономического равновесия конкурентов вследствие различных сочетаний старой и новой технологий. В первом промежутке дуополисты функционируют по одинаковой технологии, а инноватор ведет разработку новой, отягощая себя соответствующими затратами. Во втором промежутке фирма n применяет более эффективную технологию, окупая свои вложения, а фирма r при старой технологии разрабатывает технологию, которой владеет конкурент. В третьем промежутке оба конкурента внедряют новые технологии. Суммарная длительность указанных интервалов не меньше срока окупаемости инновационных вложений каждого дуополиста, но и не больше срока жизни новой технологии, отсчитывая от раннего начала ее разработки в отрасли. Очевидно, что конкурентное преимущество инноватора, измеряемое чистым дисконтированным доходом, проявляется во втором, переходном периоде. Развитие отрасли обусловлено нарушением равновесия первого интервала времени и после функционирования в равновесном состоянии промежуточного интервала времени, обеспечением отраслевого выпуска каждым предприятием на основе технологии с меньшими предельными (удельными) операционными издержками.

Возникает вопрос, почему на практике встречаются как инноваторы, так и преследователи, кем быть выгоднее, даже если оба конкурента находятся в одинаковых условиях, имея в равновесии равные доли рынка.

Каковы результаты конкуренции в случае, когда одна фирма осуществляет ИРОТ и переходит на использование новой, менее затратной технологии, а другая продолжает применять старую, сэкономив на вложениях в инновации? Последний вариант соответствует дуополии при отсутствии стратегии модернизации у конкурента инноватора.

Новые технологии распространяются в том числе путем продажи лицензии правообладателю. Ясно, что при достаточном числе продаж это выгодно инноватору, который является производителем определенного продукта по усовершенствованной технологии. Интересно выяснить условия взаимной выгоды сделки по продаже права на технологию единственному конкуренту при отсутствии других покупателей. Это, например, случай специфической технологии, которой владеет инноватор, функционирующий на общем с единственным конкурентом рынке, и который производит этот же продукт, но по более затратной технологии. Итак, целесообразно рассмотреть сценарий продажи права на технологию в дуополии.

Интересно сравнить результаты модернизации в том случае, когда инноватор является лидером Штакельберга, а другой дуополист – его преследователем. Издержки преследователя на обладание новой технологией могут быть разными по величине – от низких до высоких. В каком диапазоне издержек фирма n выигрывает в дуополии Штакельберга и проигрывает фирме r в дуополии Курно? Будет дана геометрическая интерпретация условия выигрыша каждого конкурента.

На практике инновационные вложения каждой фирмы могут изменяться независимо в некотором интервале относительно первоначальной оценки. Целесообразно проанализировать результаты конкуренции в условиях неопределенности. Изменяться могут не только издержки модернизации, но и сроки ИРОТ. Используя метод сравнительной статистики, можно выполнить анализ необходимых зависимостей. Решить поставленные задачи можно с помощью моделей – как аналитической, так и вычислимой.

1. СТРАТЕГИЯ КОНКУРЕНЦИИ ИННОВАТОРА И ПРЕСЛЕДОВАТЕЛЯ

Рассмотрим аналитическую модель модернизации отрасли. Разобьем интервал времени на периоды, соответствующие функционированию производителей при осуществлении ИРОТ инноватором, а затем преследователем и, наконец, использовании новой технологии обоими агентами в результате проводимой ими стратегии внедрения новых технологий. Пусть c_n , c_r ($c_n < c_r$) – предельные (удельные) операционные издержки соответственно фирмы n и фирмы r , постоянные в одном периоде времени. Обозначим через $\pi_n^*(c_n, c_r)$ и $\pi_r^*(c_n, c_r)$ прибыли фирм n и r за один период времени в равновесии Нэша при операционных затратах инноватора c_n и затратах преследователя c_r . Фирмы n и r максимизируют свою прибыль за каждый период времени, выбирая объем производства с учетом выпуска своего конкурента. В результате такого поведения отрасль находится в равновесии Нэша, а при изменении условий конкуренции соответствующим образом изменяется и состояние равновесия.

Потоки платежей в процессе экономического состязания инноватора и преследователя происходят следующим образом. На отрезке времени $[1, t_1]$ инноватор ведет ИРОТ, его суммарные недисконтированные затраты на исследования составляют $I_n = t_1 R \& D_n$. Затраты на разработки делаются равными долями величины $R \& D_n$ за один период, удельные издержки производства постоянны и равны $c_n = c_r = c_1$, прибыль инноватора за один период равна $\pi_n^*(c_1, c_1)$, прибыль преследователя – $\pi_r^*(c_1, c_1)$, причем $\pi_n^*(c_1, c_1) \geq \pi_r^*(c_1, c_1)$.

На отрезке времени $[t_1, t_2]$ инноватор переходит на производство по более прогрессивной технологии, его удельные издержки постоянны и равны $c_n = c_2 < c_1 = c_r$, прибыль инноватора в каждом периоде равна $\pi_n^*(c_2, c_1)$. В это время преследователь внедряет новую технологию, его суммарные недисконтированные затраты $I_r = (t_2 - t_1) R \& D_r$ осуществляются равными долями в размере $R \& D_r$ за один период времени, удельные издержки $c_r = c_1$, прибыль преследователя за период $\pi_r^*(c_2, c_1)$, $\pi_n^*(c_2, c_1) > \pi_r^*(c_2, c_1)$.

На отрезке $[t_2, T]$ функционирует симметричная дуополия, издержки производства обоих конкурентов $c_n = c_r = c_2$ ($c_2 < c_1$), а прибыли соответственно равны $\pi_n^*(c_2, c_2)$ и $\pi_r^*(c_2, c_2)$, $\pi_n^*(c_2, c_2) \geq \pi_r^*(c_2, c_2)$.

Естественно ожидать, что затраты на нововведение у преследователя меньше, чем у инноватора. Это обстоятельство может быть одной из экономических мотиваций преследователя. Когда он разрабатывает нововведение за счет собственных ИРОТ, после того как этот процесс завершит инноватор, ему может быть известна часть информации, необходимой для создания новой технологии, что сокращает затраты преследователя на ИРОТ. Возможен случай, когда преследователь приобретает патент – он выберет этот способ модернизации скорее всего, если такой вариант ему выгоднее, чем собственные разработки новой технологии. Зная поток платежей, можно вычислить чистый дисконтированный доход NPV_n инноватора и NPV_r преследователя за рассматриваемые периоды деятельности.

Для инноватора с учетом суммы ряда членов геометрической прогрессии:

$$\sum_{t=m+1}^n \frac{1}{(1+d)^t} = \frac{1 - (1+d)^{m-n}}{d(1+d)^m}, \quad n > m,$$

$$\begin{aligned} NPV_n &= \sum_{t=1}^{t_1} [-R \& D_n + \pi_n^*(c_1, c_1)] / (1+d)^t + \sum_{t=t_1+1}^{t_2} \pi_n^*(c_2, c_1) / (1+d)^t + \sum_{t=t_2+1}^T \pi_n^*(c_2, c_2) / (1+d)^t = \\ &= [-R \& D_n + \pi_n^*(c_1, c_1)] \frac{1 - (1+d)^{-t_1}}{d} + \pi_n^*(c_2, c_1) \frac{1 - (1+d)^{t_1-t_2}}{d(1+d)^{t_1}} + \pi_n^*(c_2, c_2) \frac{1 - (1+d)^{t_2-T}}{d(1+d)^{t_2}}. \end{aligned}$$

Обозначив учитывающие фактор времени коэффициенты $k_1 = [1 - (1+d)^{-t_1}] / d$, $k_2 = [1 - (1+d)^{t_1-t_2}] / d(1+d)^{t_1}$, $k_3 = [1 - (1+d)^{t_2-T}] / d(1+d)^{t_2}$, получим

$$NPV_n = -k_1 R \& D_n + k_1 \pi_n^*(c_1, c_1) + k_2 \pi_n^*(c_2, c_1) + k_3 \pi_n^*(c_2, c_2). \quad (1)$$

Для преследователя –

$$NPV_r = \sum_{t=1}^{t_1} \frac{\pi_r^*(c_1, c_1)}{(1+d)^t} + \sum_{t=t_1+1}^{t_2} \frac{-R\&D_r + \pi_r^*(c_2, c_1)}{(1+d)^t} + \sum_{t=t_2+1}^T \frac{\pi_r^*(c_2, c_2)}{(1+d)^t} =$$

$$= \pi_r^*(c_1, c_1) \frac{1 - (1+d)^{-t_1}}{d} + [-R\&D_r + \pi_r^*(c_2, c_1)] \frac{1 - (1+d)^{t_1-t_2}}{d(1+d)^{t_1}} + \pi_r^*(c_2, c_2) \frac{1 - (1+d)^{t_2-T}}{d(1+d)^{t_2}}.$$

Тогда

$$NPV_r = -k_2 R\&D_r + k_1 \pi_r^*(c_1, c_1) + k_2 \pi_r^*(c_2, c_1) + k_3 \pi_r^*(c_2, c_2). \quad (2)$$

Под выигрышем участника состязания мы понимаем превышение (возможно, нулевое) его чистого дисконтированного дохода над аналогичным показателем конкурента за весь интервал времени. Рассмотрим разность $\Delta = NPV_n - NPV_r$. Если $\Delta > 0$, то выигрывает инноватор, а если $\Delta < 0$, то – преследователь. Значение $\Delta = 0$ указывает на равные чистые дисконтированные доходы конкурентов.

Обозначим

$$\nu = k_t(\pi_n^*(c_1, c_1) - \pi_r^*(c_1, c_1)) + (\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_r^*(c_2, c_1)) + k_v(\pi_n^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_2)),$$

$$k_t = k_1/k_2 = \frac{(1+d)^{t_1} - 1}{1 - (1+d)^{-(t_2-t_1)}}, \quad k_v = k_3/k_2 = \frac{1 - (1+d)^{t_2-T}}{(1+d)^{t_2-t_1} - 1}, \quad k_\Delta = k_2 = \frac{1 - (1+d)^{-(t_2-t_1)}}{d(1+d)^{t_1}}.$$

В силу того что $(1+d)^{t_1} - 1 > 0$, $1 - (1+d)^{-(t_2-t_1)} > 0$, $1 - (1+d)^{t_2-T} > 0$, так как $t_1 < t_2 < T$, имеем $k_t > 0$, $k_1 > 0$, $k_2 > 0$, $k_3 > 0$, $k_\Delta > 0$, $k_v > 0$.

Экономический смысл величины ν при реализации стратегии модернизации состоит в следующем. Она равна с учетом фактора времени превышению суммарной прибыли фирмы n относительно суммарной прибыли фирмы r .

Величина превышения интегрального дохода инноватора над доходом преследователя определяется по формуле

$$\Delta = k_\Delta(-k_t R\&D_n + R\&D_r + \nu). \quad (3)$$

Отсюда, учитывая положительное значение k_Δ , делаем вывод, что при $R\&D_r > k_t R\&D_n - \nu$ экономическое соревнование выигрывает инноватор, при обратном неравенстве – преследователь, а при равенстве экономические агенты получают одинаковые интегральные доходы. Анализируя (3), можно утверждать, что инноватор выигрывает, если с учетом фактора времени превышение прибыли фирмы n относительно прибыли фирмы r больше превышения издержек на ИРОТ инноватора относительно затрат преследователя.

2. ДУОПОЛИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ СТРАТЕГИИ МОДЕРНИЗАЦИИ У КОНКУРЕНТА ИННОВАТОРА

Для полноты анализа целесообразно рассмотреть вариант, в котором фирма r – конкурент инноватора – не может или не желает в периодах жизни новой технологии модернизировать производство даже с опозданием. В этом случае она использует старую технологию и выпускает продукцию в течение T периодов с удельными операционными издержками $c_1 > c_2$. У конкурента инноватора отсутствуют затраты R & D_r , однако он получает прибыль, соответствующую другому состоянию равновесия в периодах $t = t_2 + 1, \dots, T$. При такой стратегии, когда фирма n модернизирует производство, а фирма r нет, их приведенные доходы равны

$$NPV_{n0} = -k_1 R\&D_n + k_1 \pi_n^*(c_1, c_1) + (k_2 + k_3) \pi_n^*(c_2, c_1),$$

$$NPV_{r0} = k_1 \pi_r^*(c_1, c_1) + (k_2 + k_3) \pi_r^*(c_2, c_1).$$

Когда инноватор модернизировал производство, а его конкурент еще использует старую технологию, доход инноватора увеличивается на $NPV_{n0} - NPV_n = k_3(\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_2, c_2))$. Такой прирост дохода инноватора обусловлен его конкурентным преимуществом в периодах $t = t_2 + 1, \dots, T$.

Фирма r может отказаться от модернизации при большой величине $R\&D_r$. Условие выгоды отсутствия стратегии модернизации для преследователя – неубывание его дохода за время жизни новой технологии, т.е. $NPV_{r0} \geq NPV_r$. Отсюда инновационные вложения $R\&D_r$ фирмы r должны удовлетворять неравенству $R\&D_r \geq k_v(\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_1))$. В этом случае инновационные расходы фирмы r в периодах $t = t_2 + 1, \dots, T$ не окупаются за счет увеличения прибыли при меньших операционных затратах.

3. ПРЕСЛЕДОВАТЕЛЬ ПРИОБРЕТАЕТ ПРАВО НА НОВУЮ ТЕХНОЛОГИЮ

Преследователь может модернизировать производство путем проведения собственных ИРОТ или в результате приобретения в той или иной форме права на новую технологию. Во втором случае возможны два варианта. Такое право приобретается у инноватора или у другого правообладателя. В чем специфика этой стратегии модернизации? Расходы $R\&D_r$ – это цена права (лицензии), выгодная продавцу и покупателю, а время $t_2 - t_1$ требуется только для внедрения новой технологии, оно не включает продолжительность разработки и поэтому минимально. Выберем подходящую продолжительность одного периода времени, при которой преследователь внедряет купленную технологию за один период $t = t_1 + 1$, зададим соответствующую этой продолжительности величину d дисконта. Положим, $t_2 - t_1 = 1$. Так как преследователь уплатил сумму $R\&D_r$ не инноватору-конкуренту, а обладателю права на эту же технологию, действующему на другом рынке, доходы дуополистов и величина выигрыша инноватора вычисляются по формулам (1)–(3), где $k_2 = (1 + d)^{-(t_1+1)}$. Получаем, что анализ варианта, в котором преследователь приобретает право на новую технологию на стороне, совпадает с точки зрения результатов конкуренции с исследованием стратегии проведения собственных ИРОТ.

Рассмотрим вариант, когда преследователь приобретает право на новую технологию у инноватора по цене P . В этом случае приведенный доход инноватора увеличивается на сумму $k_2 P = P(1 + d)^{-(t_1+1)}$, а доход преследователя – такой же, как в предыдущем сценарии. Теперь можно выяснить условие осуществления такой сделки. Она должна быть взаимовыгодной. Инноватор продаст право на новую технологию, а преследователь его купит, когда доход каждого в результате этой сделки не будет уменьшаться. Альтернативный вариант – отсутствие модернизации у конкурента инноватора.

В альтернативном варианте фирма n не продает право, и ее гарантированный доход равен NPV_{n0} . В этом случае инноватор отказывается от дополнительного дохода $k_2 P$, но имеет конкурентное преимущество, обусловленное более высокими операционными затратами преследователя в периодах $t = t_2 + 1, \dots, T$, когда фирма r не модернизировала производство.

Доход фирмы n , если она продаст право на новую технологию фирме r по цене P , равен $NPV_n(P) = -k_1 R\&D_n + k_2 P + k_1 \pi_n^*(c_1, c_1) + k_2 \pi_n^*(c_2, c_1) + k_3 \pi_n^*(c_2, c_2)$. Инноватор не отказывается от сделки, если его доход не меньше гарантированной величины NPV_{n0} , а для этого требуется, чтобы величина прироста $\Delta_n(P)$ дохода от сделки была неотрицательной, т.е. $\Delta_n(P) = NPV_n(P) - NPV_{n0} \geq 0$. Приведенная величина уменьшения прибыли фирмы n в периодах времени $t = t_2 + 1, \dots, T$ в результате продажи права на новую технологию – $\delta_n = k_3(\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_2, c_2))$. Выразим прирост дохода в виде $\Delta_n(P) = k_2 P - \delta_n$. Экономическая интерпретация выгоды сделки для фирмы n состоит в том, что приведенная цена права на технологию не меньше δ_n . Отсюда цена права должна удовлетворять условию $P \geq k_v(\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_2, c_2)) = P_{min}$, где P_{min} – минимальная величина цены.

При покупке права на новую технологию преследователем по цене P приведенная величина его дохода равна $NPV_r(P) = -k_2 P + k_1 \pi_r^*(c_1, c_1) + k_2 \pi_r^*(c_2, c_1) + k_3 \pi_r^*(c_2, c_2)$. С точки зрения эконо-

мического интереса фирмы r цена права на новую технологию должна обеспечить ей выгодность такой стратегии модернизации. Условием покупки права является получение дохода $NPV_r(P)$ не меньше гарантированной величины NPV_{r0} , соответствующей стратегии отказа фирмы r от модернизации производства. Приведенная величина прироста прибыли фирмы r в периодах времени $t = t_2 + 1, \dots, T$ в результате модернизации $\delta_r = k_3(\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_1))$. Выразим прирост дохода в виде $\Delta_r(P) = NPV_r(P) - NPV_{r0} = -k_2P + \delta_r$. Экономическая интерпретация выгодности сделки для фирмы r состоит в том, что приведенная цена права на технологию не больше δ_r . Отсюда цена права должна удовлетворять условию $P \leq k_r(\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_1)) = P_{max}$, где P_{max} – максимальная величина цены.

Необходимое условие сделки – существование переговорного множества $P_{min} \leq P \leq P_{max}$ заключается в том, что приведенная величина δ_r прироста прибыли фирмы r в результате модернизации не меньше приведенной величины уменьшения прибыли фирмы n в результате продажи права на новую технологию. Итак, инноватор может продать, а преследователь купить право, когда $\delta_r \geq \delta_n$. Суммарный прирост $\Delta_n(P) + \Delta_r(P) = \delta_r - \delta_n$ доходов участников сделки не зависит от цены P права в отличие от величины прироста дохода каждой фирмы.

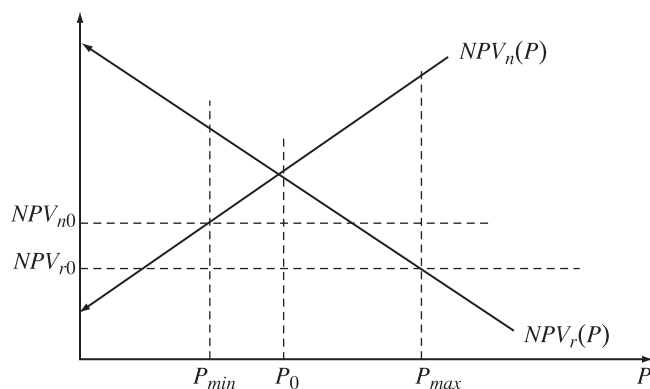


Рис. 1. Изменение доходов фирм в зависимости от цены права на новую технологию

Покажем, что в случае возможности взаимовыгодной сделки может выиграть любой из конкурентов. Цена P_0 , при которой приведенные доходы дуополистов равны, определяется из условия $NPV_n(P_0) - NPV_r(P_0) = 0$ и равна $P_0 = 0,5(k_t R \& D_n - \nu)$. Получаем, что величина P_0 принадлежит переговорному множеству $P_{min} \leq P_0 \leq P_{max}$, когда приведенная величина $k_t R \& D_n$ затрат инноватора на ИРОТ за один период времени удовлетворяет условию $2P_{min} + \nu \leq k_t R \& D_n \leq 2P_{max} + \nu$. Отсюда следует, что при цене лицензии $P > P_0$ выигрывает от сделки правообладатель, а при $P < P_0$, наоборот, его конкурент – покупатель лицензии.

Изменение доходов фирм в зависимости от цены права на новую технологию показано на рис. 1. Прямые линии дохода каждой фирмы пересекаются с пунктирной линией уровня гарантированного дохода при минимальной цене сделки для продавца и при максимальной – для покупателя.

В результате продажи права на технологию по цене P суммарный прирост $\Delta_n(P) + \Delta_r(P)$ доходов конкурентов распределяется между ними в определенном соотношении. При $P = P_{min}$ всю выгоду $\delta_r - \delta_n$ от сделки получает преследователь, а при $P = P_{max}$ весь прирост $\delta_r - \delta_n$ дохода достается инноватору. В частности, взаимовыгодной может быть цена $P = 0,5(P_{min} + P_{max})$, когда прирост дохода от сделки распределяется поровну.

Рассмотрим экономические состояния конкурентов для конкретных вариантов олигополий.

4. ИННОВАТОР И ПРЕСЛЕДОВАТЕЛЬ КОНКУРИРУЮТ В ДУОПОЛИИ КУРНО

Пусть отрасль представляет собой количественную несимметричную дуополию Курно, оба производителя конкурируют по объему выпуска. Предположим, что рынок продукции дуополистов описывается линейной функцией спроса, связывающей объем продаж Q с ценой товара P . Обратная функция спроса $P = a - bQ$, где a, b – параметры; индексы n и r относятся к инноватору и преследователю соответственно.

Пусть q_n, q_r – объемы выпусков фирм n и r , отраслевой выпуск $Q = q_n + q_r$. Фирма n максимизирует прибыль π_n и выбирает объем производства q_n с учетом выпуска q_r фирмы r :

$$\pi_n = Pq_n - c_n q_n = [a - b(q_n + q_r)]q_n - c_n q_n. \quad (4)$$

Фирма r максимизирует прибыль π_r и выбирает объем производства q_r с учетом выпуска q_n фирмы n :

$$\pi_r = Pq_r - c_r q_r = [a - b(q_n + q_r)]q_r - c_r q_r. \quad (5)$$

Оптимальные реакции инноватора и преследователя, которые максимизируют свои прибыли, – в количественной дуополии:

$$R_n = \frac{\partial \pi_n}{\partial q_n} = a - 2bq_n - bq_r - c_n = 0, \quad (6)$$

$$R_r = \frac{\partial \pi_r}{\partial q_r} = a - 2bq_r - bq_n - c_r = 0, \quad (7)$$

откуда следует

$$\begin{cases} 2q_n + q_r = (a - c_n)/b, \\ q_n + 2q_r = (a - c_r)/b. \end{cases} \quad (8)$$

Условия равновесия Курно первого порядка $\partial \pi_n / \partial q_n = 0$ и $\partial \pi_r / \partial q_r = 0$ включают нулевые предполагаемые вариации, которые представляют собой предположения конкурирующих производителей о вариациях выпуска соперника, для инноватора они имеют вид $\partial q_n / \partial q_n = 0$, для преследователя – $\partial q_r / \partial q_n = 0$.

Условия максимума второго порядка выполняются, так как функции прибыли (1) и (2) являются вогнутыми (выпуклыми вверх). Выпуски дуополистов определяются решением системы уравнений (8)

$$q_n^* = \frac{a + c_r - 2c_n}{3b}, \quad q_r^* = \frac{a + c_n - 2c_r}{3b}.$$

Общий выпуск отрасли и соответствующая рыночная цена равны

$$Q^* = \frac{2a - c_n - c_r}{3b}, \quad P^* = \frac{a + c_n - c_r}{3}.$$

Прибыли производителей определяются из (1) и (2):

$$\pi_n^*(c_n, c_r) = P^* q_n^* - c_n q_n^* = \left(\frac{a + c_n + c_r}{3} - c_n \right) \frac{a + c_r - 2c_n}{3b} = \frac{(a + c_r - 2c_n)^2}{9b}, \quad (9)$$

$$\pi_r^*(c_n, c_r) = P^* q_r^* - c_r q_r^* = \left(\frac{a + c_n + c_r}{3} - c_r \right) \frac{a + c_n - 2c_r}{3b} = \frac{(a + c_n - 2c_r)^2}{9b}. \quad (10)$$

Для исследуемой стратегии конкуренции в отраслевом равновесии Курно прибыли дуополистов равны $\pi_n^*(c_1, c_1) = \pi_r^*(c_1, c_1) = (a - c_1)^2 / 9b$ в периодах $t = 1, \dots, t_1$, $\pi_n^*(c_2, c_1) = (a + c_1 - 2c_2)^2 / 9b > \pi_r^*(c_2, c_1) = (a + c_2 - 2c_1)^2 / 9b$ в периодах $t = t_1 + 1, \dots, t_2$, $\pi_n^*(c_2, c_2) = \pi_r^*(c_2, c_2) = (a - c_2)^2 / 9b$ в периодах $t = t_2 + 1, \dots, T$. Учитывая указанные значения величины прибыли конкурентов, получим чистый дисконтированный доход инноватора и преследователя за рассмотренные периоды времени:

$$NPV_n = -k_1 R\&D_n + \frac{k_1}{9b}(a - c_1)^2 + \frac{k_2}{9b}(a + c_1 - 2c_2)^2 + \frac{k_3}{9b}(a - c_2)^2, \quad (11)$$

$$NPV_r = -k_2 R\&D_r + \frac{k_1}{9b}(a - c_1)^2 + \frac{k_2}{9b}(a + c_2 - 2c_1)^2 + \frac{k_3}{9b}(a - c_2)^2. \quad (12)$$

Теперь определим условие $\Delta > 0$ выигрыша инноватора для равновесия Курно. Отметим, что в этом случае $\nu = \pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_r^*(c_2, c_2) = (c_1 - c_2)(2a - c_1 - c_2)/3b$. В силу того что удельные издержки технологии меньше цены закрытия рынка, т.е. $c_1 < a$, $c_2 < a$ (иначе олигополия существовать не может), и снижение издержек при внедрении новой технологии $c_2 < c_1$, имеем $\nu > 0$.

В случае когда преследователь приобретает право на новую технологию у инноватора, границы взаимовыгодной цены лицензии:

$$P_{\min} = k_v(\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_2, c_2)) = k_v(c_1 - c_2)(2a + c_1 - 3c_2)/9b,$$

$$P_{\max} = k_v(\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_1)) = 4k_v(c_1 - c_2)(a - c_1)/9b > 0,$$

а условие существования переговорного множества:

$$P_{\max} - P_{\min} = k_v(c_1 - c_2)(2a - 5c_1 + 3c_2)/9b \geq 0.$$

Получили, что сделка может состояться, когда $0 \leq c_2 \leq c_1$, если $0 \leq c_1 \leq \frac{2}{5}a$; $-\frac{2}{3}a + \frac{5}{3}c_1 \leq c_2 \leq c_1$, если $\frac{2}{5}a \leq c_1 \leq a$. Возможность взаимовыгодной сделки продажи права инноватором своему конкуренту определяется величиной операционных затрат новой технологии.

5. ИННОВАТОР – ЛИДЕР ШТАКЕЛЬБЕРГА

Теперь рассмотрим другой вариант отрасли, в которой фирма n (инноватор) является лидером, а фирма r (преследователь) с точки зрения классификации конкурентов в дуополии Штакельберга действует, выбирая объем производства как преследователь лидера.

Уравнение реакции преследователя (7), соответствующее максимуму его прибыли при объеме q_n производства лидера, определяет выпуск последователя

$$q_r = \frac{a - c_r}{2b} - \frac{q_n}{2b} \quad (13)$$

в зависимости от объема q_n производства лидера. Подставим величину выпуска последователя в уравнение прибыли лидера. Получим зависимость прибыли предприятия-инноватора от его выпуска

$$\pi_n = Pq_n - c_n q_n = \left[a - b \left(q_n + \frac{a - c_r}{2b} - \frac{q_n}{2b} \right) \right] q_n - c_n q_n = 0,5(a - 2c_n + c_r - bq_n)q_n. \quad (14)$$

Лидер максимизирует свою прибыль, выбирая объем q_n производства из условия первого порядка $\frac{\partial \pi_n}{\partial q_n} = 0,5(a + c_r) - bq_n - c_n = 0$, откуда следует, что объем q_n выпуска инноватора определяется по формуле

$$q_n^* = \frac{a + c_r - 2c_n}{2b}, \quad (15)$$

а с учетом (13), (15), объем производства последователя –

$$q_r^* = \frac{a + 2c_n - 3c_r}{4b}. \quad (16)$$

Общий выпуск отрасли и соответствующая рыночная цена находятся из соотношений

$$Q^* = \frac{3a - 2c_n - c_r}{4b}, \quad P^* = \frac{a + 2c_n + c_r}{4}.$$

Прибыли лидера $\pi_{nst}^*(c_n, c_r)$ и последователя $\pi_{rst}^*(c_n, c_r)$ в рассматриваемом случае олигополии Штакельберга определяются как

$$\pi_{nst}^*(c_n, c_r) = (P^* - c_n)q_n^* = \left(\frac{a + 2c_n + c_r}{4} - c_n \right) \frac{a + c_r - 2c_n}{2b} = \frac{(a + c_r - 2c_n)^2}{8b}, \quad (17)$$

$$\pi_{rst}^*(c_n, c_r) = (P^* - c_r)q_r^* = \left(\frac{a + 2c_n + c_r}{4} - c_r \right) \frac{a + 2c_n - 3c_r}{4b} = \frac{(a + 2c_n - 3c_r)^2}{16b}. \quad (18)$$

Теперь можно вычислить суммарный доход каждого конкурента при использовании исследуемой стратегии модернизации производства. Подставим в (1) выражения для прибыли лидера в каждом из трех интервалов времени: $\pi_{nst}^*(c_1, c_1) = (a - c_1)^2/8b$, $\pi_{nst}^*(c_2, c_1) = (a + c_1 - 2c_2)^2/8b$, $\pi_{nst}^*(c_2, c_2) = (a - c_2)^2/8b$. Получим чистый дисконтированный доход лидера

$$NPV_{nst} = -k_1 R\&D_n + k_1 \frac{(a - c_1)^2}{8b} + k_2 \frac{(a + c_1 - 2c_2)^2}{8b} + k_3 \frac{(a - c_2)^2}{8b}. \quad (19)$$

Прибыль последователя в каждом из трех интервалов времени: $\pi_{rst}^*(c_1, c_1) = (a - c_1)^2/16b$, $\pi_{rst}^*(c_2, c_1) = (a - 3c_1 + 2c_2)^2/16b$, $\pi_{rst}^*(c_2, c_2) = (a - c_2)^2/16b$. Чистый дисконтированный доход преследователя (2) с учетом его прибыли:

$$NPV_{rst} = -k_2 R\&D_r + k_1 \frac{(a - c_1)^2}{16b} + k_2 \frac{(a - 3c_1 + 2c_2)^2}{16b} + k_3 \frac{(a - c_2)^2}{16b}. \quad (20)$$

Отметим, что $\pi_{nst}^*(c_1, c_1) > \pi_{rst}^*(c_1, c_1)$, $\pi_{nst}^*(c_2, c_1) > \pi_{rst}^*(c_2, c_1)$, $\pi_{nst}^*(c_2, c_2) > \pi_{rst}^*(c_2, c_2)$.

Величина Δst превышения интегрального дохода инноватора над доходом преследователя в олигополии Штакельберга определяется как

$$\Delta st = NPV_{nst} - NPV_{rst} = k_\Delta (-k_t R\&D_n + R\&D_r + \nu_{st}), \quad (21)$$

где

$$\begin{aligned} \nu_{st} &= k_t(\pi_{nst}^*(c_1, c_1) - \pi_{rst}^*(c_1, c_1)) + (\pi_{nst}^*(c_2, c_1) - \pi_{rst}^*(c_2, c_1)) + k_v(\pi_{nst}^*(c_2, c_2) - \pi_{rst}^*(c_2, c_2)) = \\ &= k_t \frac{(a - c_1)^2}{16b} + k_v \frac{(a - c_2)^2}{16b} + \frac{(a + c_1 - 2c_2)^2}{8b} - \frac{(a - 3c_1 + 2c_2)^2}{16b}. \end{aligned}$$

Сравним прибыли конкурентов в периодах времени (во втором интервале), когда лидер использует новую технологию, а преследователь – старую, с соответствующими величинами в дуополии Курно:

$$\begin{aligned} \pi_{nst}^*(c_2, c_1) &= \frac{(a + c_1 - 2c_2)^2}{8b} > \frac{(a + c_1 - 2c_2)^2}{9b} = \pi_n^*(c_2, c_1), \\ \pi_{rst}^*(c_2, c_1) &= \frac{(a - 3c_1 + 2c_2)^2}{16b} < \frac{(a - 3c_1 + 2c_2)^2}{9b} = \\ &= \frac{(a + c_2 - 2c_1 - (c_1 - c_2))^2}{9b} < \frac{(a + c_2 - 2c_1)^2}{9b} = \pi_r^*(c_2, c_1). \end{aligned}$$

С учетом этих соотношений покажем, что $\nu_{st} > \nu$. Действительно,

$$\nu_{st} > \frac{(a + c_1 - 2c_2)^2}{8b} - \frac{(a - 3c_1 + 2c_2)^2}{16b} > \pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_r^*(c_2, c_1) = \nu.$$

При одних и тех же сроках модернизации величина коэффициента k_t в (3) для дуополии Курно и Штакельберга неизменна, т.е. угол наклона прямой, отделяющей области выигрыша

конкурентов, будет одинаковым. Однако условие превышения интегрального дохода одной фирмы относительно другой отличается тем, что $\nu_{st} > \nu$. Отсюда возникает разница в результатах разработки и внедрения новой технологии в случае, когда инноватор является лидером Штакельберга. При величине $R\&D_r$ инновационных вложений преследователя в диапазоне $k_t R\&D_n - \nu_{st} \leq R\&D_r < k_t R\&D_n - \nu$ инноватор проигрывает в дуополии Курно и выигрывает в дуополии Штакельберга. Назовем такие издержки $R\&D_r$ модернизации преследователя средними. При величине $R\&D_r > k_t R\&D_n - \nu$ больший интегральный доход у инноватора (высокие затраты на $R\&D_r$), а при $R\&D_r < k_t R\&D_n - \nu_{st}$ у преследователя в дуополиях обоих видов (низкие затраты на $R\&D_r$).

Когда в дуополии Штакельберга преследователь приобретает право на новую технологию у инноватора, границы взаимовыгодной цены лицензии $P_{\min} = k_v(c_1 - c_2)(2a + c_1 - 3c_2)/8b$, $P_{\max} = k_v 3(c_1 - c_2)(2a - 3c_2 + c_2)/16b$, а условие существования переговорного множества – $P_{\max} - P_{\min} = k_v(c_1 - c_2)(2a - 11c_1 + 9c_2)/16b \geq 0$. Сделка может состояться, когда $0 \leq c_2 \leq c_1$, если

$$0 \leq c_1 \leq \frac{2}{11}a; -\frac{2}{9}a + \frac{11}{9}c_1 \leq c_2 \leq c_1, \text{ если } \frac{2}{11}a \leq c_1 \leq a. \text{ Возможность взаимовыгодной сделки}$$

продажи права определяется в дуополии Штакельберга так же, как и в модели Курно, величиной операционных затрат новой технологии, однако переговорное множество при инноваторе – лидере Штакельберга является подмножеством переговорного множества в дуополии Курно.

6. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ УСЛОВИЙ ВЫИГРЫША ИННОВАТОРА И ПРЕСЛЕДОВАТЕЛЯ

Рассматриваемая стратегия модернизации производства уменьшает операционные затраты с величины c_1 до c_2 и требует от инноватора затрат на ИРОТ в границах $s_n \leq R\&D_n \leq S_n$, а для его преследователя – $s_r \leq R\&D_r \leq S_r$ при условиях неотрицательности их чистых дисконтированных доходов $NPV_n \geq 0$, $NPV_r \geq 0$ в течение периодов $t = 1, \dots, T$, где время T не меньше сроков

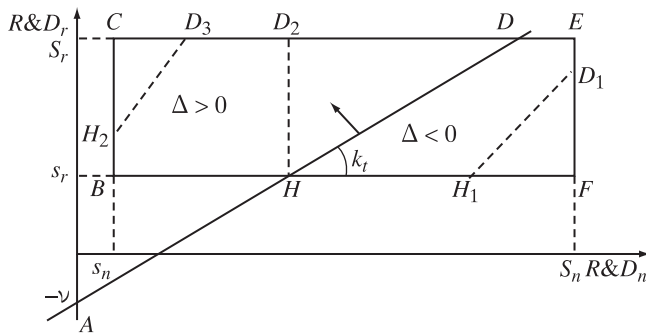


Рис. 2. Области выигрыша инноватора $\Delta > 0$ и преследователя $\Delta < 0$, включающие случай 3

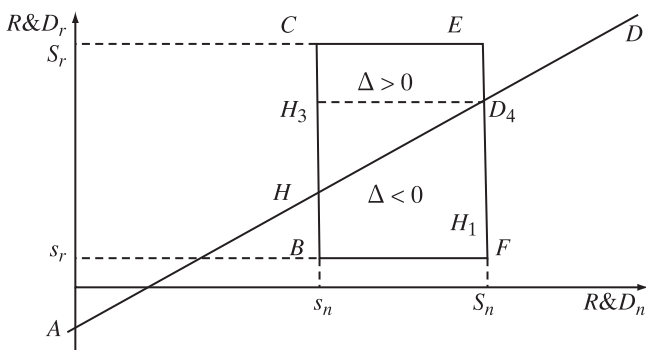


Рис. 3. Области выигрыша инноватора $\Delta > 0$ и преследователя $\Delta < 0$, включающие случай 4

окупаемости новой технологии для обоих конкурентов. Нижние s_n , s_r и верхние S_n , S_r границы затрат на ИРОТ производственных экономических агентов определяют допустимую область параметров реализации инновационных процессов. На рис. 2, 3 показаны области выигрыша инноватора $\Delta < 0$ и его преследователя $\Delta < 0$ в рассматриваемом процессе их экономического соревнования. Эти области задают величины инвестиционных затрат инноватора и преследователя на внедрение новой технологии, при которых они добиваются выигрыша в экономическом состязании. В прямоугольной области $BCEF$ оба участника получают неотрицательный чистый дисконтированный доход, поэтому они внедряют данную инновацию. В области $BCDH$ такой доход инноватора превышает доход преследователя, а в области $HDEF$, наоборот, преследователь получает за рассматриваемый период больше. Прямая AD с углом наклона $k_t > 0$, пересекающая ось $R\&D_r$ в точке A с координатами $(0, -\nu)$, соответствует равенству чистых дисконтированных доходов участников инновационного процесса. Уравнение этой прямой AD : $-k_t R\&D_n + R\&D_r + \nu = 0$.

В зависимости от положения прямой AD в допустимой области $BCEF$ неотрицательных чистых дисконтированных доходов инноватора и преследователя выделим шесть альтернативных случаев, соответствующих различным соотношениям значений параметров ν , k_t (рис. 2, 3). В них площади пересечения областей $\Delta \geq 0$ или $\Delta \leq 0$ с прямоугольником $BCEF$ выражаются через площади треугольников и прямоугольников, составляющих соответствующие фигуры. Выделенные варианты соответствуют следующим положениям прямой AD .

1. Прямая AD проходит ниже допустимой области $BCEF$ или в крайнем случае так, что точки F и D совпадают. В этом варианте $\nu \geq k_t S_n - s_r$.

2. Прямая AD отсекает от прямоугольника $BCEF$ треугольник $H_1 D_1 F$, точка D_1 принадлежит отрезку EF . Здесь $\max(k_t S_n - S_r, k_t s_n - s_r) \leq \nu < k_t S_n - s_r$.

3. Область $BCDH$ (см. рис. 2) состоит из прямоугольника $BCD_2 H$ и треугольника $HD_2 D$. В этом случае $k_t s_n - s_r < \nu \leq k_t S_n - S_r$, что возможно, когда $k_t(S_n - s_n) > S_r - s_r$.

4. Область $HCED_4$ (см. рис. 3) состоит из прямоугольника $H_3 CED_4$ и треугольника $HH_3 D_4$. Этот вариант соответствует условию $k_t S_n - S_r < \nu \leq k_t s_n - s_r$, что возможно, когда $k_t(S_n - s_n) < S_r - s_r$.

5. Прямая AD отсекает от допустимой области треугольник $H_2 CD_3$, пересекая отрезок BC в точке H_2 . Это происходит, когда $k_t s_n - S_r < \nu < k_t s_n - s_r$.

6. Прямая AD проходит выше допустимой области $BCEF$ или в крайнем случае так, что точки C и D совпадают: $\nu \leq k_t s_n - S_r$.

Указанные области $\Delta > 0$, $\Delta < 0$ выигрыша инноватора и преследователя при возможных затратах на модернизацию могут изменяться в зависимости от сроков разработки и внедрения новой технологии. Это влияние угла k_t наклона прямой AD . Кроме этого, площадь указанных фигур зависит от величины ν – разности прибыли инноватора и преследователя в периодах модернизации производства и использования новой технологии, скорректированной с учетом влияния фактора времени. Можно утверждать, что ν – дисконтированная величина (с учетом вынесенного за скобки коэффициента k_Δ) превышения притока от операций инноватора относительно преследователя.

7. КОНКУРЕНЦИЯ ИННОВАТОРА И ПРЕСЛЕДОВАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Теперь допустим, что исходы реальных инновационных вложений дуополистов распределены равномерно в известных интервалах и независимы. Учитывая указанные случаи формы и площади области выигрыша (не проигрыша) инноватора, выразим геометрическую меру вероятности $P_{\Delta \geq 0}$ события $\Delta \geq 0$ при равномерном распределении его затрат на НИОКР в промежутке $s_n \leq R \& D_n \leq S_n$ и равномерном распределении инновационных затрат преследователя в промежутке $s_r \leq R \& D_r \leq S_r$. Величины $R \& D_n$ и $R \& D_r$ независимы. Обозначим $S_{H_1 D_1 F}$, $S_{HD_2 D}$, $S_{H_2 CD_3}$, $S_{HH_3 D_4}$ – площади треугольников $H_1 D_1 F$, $HD_2 D$, $H_2 CD_3$, $HH_3 D_4$, а – площади прямоугольников $BCEF$, $BCD_2 H$, $H_3 CED_4$. В этом случае

$$P_{\Delta \geq 0} = \begin{cases} 1, & \text{если } \nu \geq k_t S_n - s_r; \\ 1 - S_{H_1 D_1 F} / S_{BCEF}, & \text{если } \max(k_t S_n - S_r, k_t s_n - s_r) \leq \nu < k_t S_n - s_r; \\ (S_{BCD_2 H} + S_{HD_2 D}) / S_{BCEF}, & \text{если } k_t s_n - s_r < \nu \leq k_t S_n - S_r; \\ (S_{H_3 CED_4} + S_{HH_3 D_4}) / S_{BCEF}, & \text{если } k_t S_n - S_r < \nu \leq k_t s_n - s_r; \\ S_{H_2 CD_3} / S_{BCEF}, & \text{если } k_t s_n - S_r < \nu < k_t s_n - s_r; \\ 0, & \text{если } \nu \leq k_t s_n - S_r. \end{cases}$$

Подставив выражения для площадей соответствующих треугольников и прямоугольников, получим вероятность выигрыша инноватора

$$P_{\Delta \geq 0} = \begin{cases} 1, & \text{если } \nu \geq k_t S_n - s_r; \\ 1 - \frac{(k_t S_n - s_r - \nu)^2}{2k_t(S_n - s_n)(S_r - s_r)}, & \text{если } \max(k_t S_n - S_r; k_t s_n - s_r, r) \leq \nu < k_t S_n - s_r; \\ \frac{2(s_r - k_t s_n + \nu) + (S_r - s_r)}{2k_t(S_n - s_n)}, & \text{если } k_t s_n - s_r < \nu \leq k_t S_n - S_r; \\ \frac{(S_r + \nu - 0,5k_t(S_n + s_n))}{S_r - s_r}, & \text{если } k_t S_n - S_r < \nu \leq k_t s_n - s_r; \\ \frac{(S_r + \nu - k_t s_n)^2}{2k_t(S_n - s_n)(S_r - s_r)}, & \text{если } k_t s_n - S_r < \nu < k_t s_n - s_r; \\ 0, & \text{если } \nu \leq k_t s_n - S_r. \end{cases}$$

Вероятность выигрыша преследователя $P_{\Delta < 0} = 1 - P_{\Delta \geq 0}$.

Полученные условия выигрыша каждого дуополиста позволяют выявить интересный случай, в котором выгоднее быть преследователем. При инновационных издержках и сроках разработки и внедрения новой технологии, когда выполняется условие $\nu \leq k_t s_n - S_r$, всегда выигрывает преследователь. Это вариант дуополии Курно. В случае когда инноватор является лидером Штакельберга и справедливо соотношение $\nu_{st} \leq k_t s_n - S_r$, вытекающее из затратных характеристик и сроков реализации стратегии модернизации для каждого конкурента, выгоднее быть преследователем. В такой гонке за лидером побеждает его конкурент.

8. ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ИРОТ И ИННОВАЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК НА РЕЗУЛЬТАТЫ КОНКУРЕНЦИИ

Мы исследовали результаты конкуренции инноватора и преследователя при фиксированных значениях параметров рассмотренного процесса модернизации. Воспользуемся теперь методом сравнительной статистики, чтобы определить, как изменяются эти результаты при увеличении (уменьшении) значений продолжительности ИРОТ $\delta_n = t_1$ инноватора и $\delta_r = t_2 - t_1$ преследователя. Угол наклона прямой AD , отделяющей области выигрыша первого и второго дуополиста, $k_t = (r^{\delta_n} - 1)/(1 - r^{-\delta_r})$, где дисконт $r = 1 + d$. Отметим, что k_t – коэффициент дисконтирования затрат на ИРОТ фирмы n , а $k_\Delta = k_2 = (1 - r^{-\delta_r})/[(r - 1)r^{\delta_n}]$ – фирмы r .

Рассмотрим в дуополии Курно ситуацию, когда продолжительность ИРОТ инноватора δ_n увеличивается при фиксированном значении δ_r продолжительности ИРОТ преследователя и постоянной величине c_2 производственных издержек новой технологии. Учитывающие фактор времени коэффициенты k_t – возрастающая функция, а k_Δ – убывающая функция переменной δ_n (значение δ_r фиксировано). Превышение ν с учетом фактора времени суммарной прибыли инноватора относительно преследователя в дуополии Курно не зависит от значений δ_n и δ_r . Отсюда из (3) следует, что рост δ_n влечет за собой уменьшение Δ – разности дисконтированных доходов инноватора и преследователя. При увеличении продолжительности δ_n ИРОТ инноватора угол наклона прямой AD (см. рис. 2, 3) возрастает при неизменной величине ν . Геометрически это может быть представлено поворотом прямой AD против часовой стрелки при неподвижной точке A . Вследствие этого площадь допустимой области выигрыша инноватора $\Delta > 0$ сокращается.

В дуополии Курно при детерминированно заданных затратах на ИРОТ уменьшение площади фигуры, соответствующей области выигрыша инноватора, означает, что часть проектов, в которых выигрывал инноватор, стала давать в результате доход фирме n меньший, чем фирме r . Для варианта стохастической модели, учитывающей неопределенность задания затрат на ИРОТ, это приводит к уменьшению вероятности выигрыша инноватора.

Пусть в дуополии Курно продолжительность δ_r ИРОТ преследователя увеличивается при неизменном значении δ_n продолжительности ИРОТ инноватора и фиксированной величине c_2 про-

изводственных издержек новой технологии. Учитывающие фактор времени коэффициенты – k_t – убывающая функция, а k_Δ – возрастающая функция переменной δ_r (значение δ_n фиксировано). Отсюда следует, что рост δ_r влечет за собой увеличение Δ разности дисконтированных доходов у инноватора и преследователя. При росте δ_r угол наклона прямой AD (см. рис. 2, 3) уменьшается при неизменной величине v . Геометрически на рис. 2, 3 такое изменение может быть представлено поворотом прямой AD по часовой стрелке при неподвижной точке A . Площадь допустимой области выигрыша инноватора $\Delta > 0$ увеличивается.

Увеличение площади фигуры, соответствующей области выигрыша инноватора, обозначает при детерминированно заданных затратах на ИРОТ, что часть проектов, в которых выигрывал преследователь, стала давать в результате доход фирме n больший, чем фирме r . Для варианта стохастической модели, учитывающей неопределенность задания затрат на ИРОТ, это обозначает увеличение вероятности выигрыша инноватора. Отсюда следует вывод о том, что преследователь заинтересован в сокращении продолжительности собственных ИРОТ за счет большей информированности о разрабатываемой технологии.

Теперь рассмотрим ситуацию, когда продолжительности ИРОТ δ_n и δ_r фирм n и r фиксированы, а величина $\delta_c = c_1 - c_2$ снижения операционных издержек в результате применения новой технологии увеличивается. Изменение δ_c дает значение величины $v = \delta_c(2a - 2c_1 + \delta_c)/3b$ в дуополии Курно и

$$v_{st} = k_t \frac{(a - c_1)^2}{16b} + k_v \frac{(a - c_1 + \delta_c)^2}{16b} + \frac{(a - c_1 + 2\delta_c)^2}{8b} - \frac{(a - c_1 - 2\delta_c)^2}{16b}$$

в дуополии Штакельберга. Отсюда видно, что величины v и v_{st} возрастают при увеличении δ_c при неизменном угле k_t наклона прямой AD . Геометрически это означает, что прямая AD на рис. 2 и 3 смещается вниз параллельно своему предыдущему положению. Такое изменение приводит, аналогично случаю увеличения продолжительности ИРОТ преследователя, к увеличению площади области выигрыша инноватора $\Delta > 0$.

В результате часть проектов, в которых выигрывал преследователь, стала давать фирме n доход больший, чем фирме r . Для варианта стохастической модели большее снижение инновационных издержек обозначает увеличение вероятности выигрыша инноватора. Отсюда следует вывод о том, что рост величины δ_c снижения операционных издержек дает результаты, подобные уменьшению продолжительности разработки новой технологии инноватором или увеличению продолжительности ИРОТ преследователя в дуополии Курно.

9. ЧИСЛОВОЙ ПРИМЕР

Покажем результаты модернизации производства на числовом примере. В нашем случае цена закрытия рынка – в обратной линейной функции спроса $a = 100,0$; отношение цены закрытия рынка к емкости рынка в этой функции $b = 1,0$; дисконт $r = 1,04$; значение операционных издержек старой технологии $c_1 = 25,0$. В табл. 1 приведены варианты реализации стратегий проведения ИРОТ обоими конкурентами и продажи инноватором права на новую технологию преследователю. В данных расчетах значение операционных издержек новой технологии $c_2 = 10,0$. Границы допустимой области инновационных издержек за один период времени $s_n = 550,0$; $S_n = 600,0$; $s_r = 100,0$; $S_r = 200,0$. Затраты инноватора на ИРОТ за один период времени $R\&D_n = 500,0$. Суммарные затраты инноватора на ИРОТ $t_1 \times R\&D_n = 3000,0$. В случае проведения ИРОТ преследователем его затраты за один период $R\&D_r = 300,0$.

В данном примере показан вариант модернизации производства, в котором инноватор получил превышение интегрального дохода относительно конкурента, когда инноватор – лидер Штакельберга, выигрыш еще больше. При этом с учетом неопределенности вероятность выигрыша лидера максимальная. Отметим, что суммарные затраты инноватора на ИРОТ более чем в два раза превышают вложения преследователя. Инновационные затраты догоняющей фирмы за один период ИРОТ в дуополии Курно, при которых конкуренты получают одинаковые доходы за время жизни новой технологии, $R\&D_r = 88,66$. Если затраты преследователя меньше указанной

Таблица 1

Параметры модели и показатели результатов	Варианты проведения ИРОТ инноватором и преследователем		Варианты продажи права на новую технологию	
	дуополия Курно	дуополия Штакельберга	дуополия Курно	дуополия Штакельберга
Число периодов в интервале ИРОТ инноватора $\delta_n = t_1$	6	6	6	6
Число периодов в интервале ИРОТ преследователя или при продаже права на новую технологию $\delta_r = t_2 - t_1$	4	4	1	1
Число периодов в интервале применения новой технологии $T - t_2$	10	10	13	13
Прибыли фирм $\pi_n(c_1, c_1) = \pi_r(c_1, c_1)$ в периодах проведения ИРОТ инноватором	625,0	703,13	625,0	703,13
Прибыль инноватора $\pi_n(c_2, c_1)$ в периодах проведения ИРОТ преследователем	1225,0	1378,13	1225,0	1378,13
Прибыль преследователя $\pi_r(c_2, c_1)$ в периодах его ИРОТ	400,0	126,56	400,0	126,56
Прибыли фирм во время использования новой технологии $\pi_n(c_2, c_2) = \pi_r(c_2, c_2)$	900,0	1012,5	900,0	1012,5
Суммарные затраты преследователя на ИРОТ $(t_2 - t_1) R \& D_r$ или цена лицензии	1200,0	1200,0	4119,08	3721,21
Превышение с учетом фактора времени суммарной прибыли инноватора относительно преследователя v	825,0	2860,93	825,0	8731,98
Дисконтированный доход инноватора NPV_n	9100,98	10 566,24	11 545,77	12 623,01
Дисконтированный доход преследователя NPV_r	8494,7	4119,35	7279,59	2952,86
Превышение интегрированного дохода инноватора относительно преследователя Δ	606,29	6446,89	4266,19	9670,15
Вероятность выигрыша инноватора $P_{\Delta \geq 0}$	0,02	1		

величины, конкуренцию выигрывает он, а если больше этого значения, – наоборот. Лидер Штакельберга выигрывает даже при минимальных инновационных затратах преследователя.

Для сценария покупки преследователем права на новую технологию у инноватора в табл. 1 приводится цена лицензии, равная полусумме нижней и верхней границ переговорного множества в дуополиях Курно и Штакельберга. Видно, что преследователю приходится платить в несколько раз больше, чем в случае собственных ИРОТ.

В табл. 2 приведены расчеты, показывающие влияние на результаты модернизации производства в дуополии Курно изменения продолжительности ИРОТ инноватора и преследователя при фиксированной величине $\delta_c = c_1 - c_2 = 15,0$ снижения операционных издержек. В данном варианте значение операционных издержек новой технологии $c_2 = 10,0$. В равновесии Курно–Нэша прибыли инноватора и преследователя в периодах проведения ИРОТ первым конкурентом $\pi_n(c_1, c_1) = \pi_r(c_1, c_1) = 625,0$, в периодах ИРОТ преследователя $\pi_n(c_2, c_1) = 1225,0$, $\pi_r(c_2, c_1) = 400,0$, а прибыли участников во время использования новой технологии $\pi_n(c_2, c_2) = \pi_r(c_2, c_2) = 900,0$. Превышение с учетом фактора времени суммарной прибыли инноватора относительно преследователя $v = 825,0$. Границы допустимой области инновационных издержек за один период времени $s_n = 480,0$, $S_n = 540,0$, $s_r = 200,0$, $S_r = 360,0$. Затраты инноватора на ИРОТ за один период времени $R \& D_n = 500,0$, а преследователя $R \& D_r = 300,0$.

Таблица 2

Параметры модели и показатели результатов	Вариант увеличения продолжительности δ_n ИРОТ инноватора			Вариант увеличения продолжительности δ_r ИРОТ преследователя		
Число периодов в интервале ИРОТ инноватора $\delta_n = t_1$	6,00	7,00	8,00	5,00	5,00	5,00
Число периодов в интервале ИРОТ преследователя $\delta_r = t_2 - t_1$	4,00	4,00	4,00	2,00	3,00	4,00
Число периодов в интервале применения новой технологии $T - t_2$	10,00	9,00	8,00	13,00	12,00	11,00
Суммарные недисконтированные затраты инноватора $t_1 R \& D_n$	3000,00	3500,00	4000,00	2500,00	2500,00	2500,00
Суммарные недисконтированные затраты преследователя $(t_2 - t_1) R \& D_r$	1200,00	1200,00	1200,00	600,00	900,00	1200,00
Коэффициент дисконтирования затрат на ИРОТ инноватора k_i	1,83	2,18	2,54	2,87	1,95	1,49
Коэффициент дисконтирования затрат на ИРОТ преследователя k_Δ	2,87	2,76	2,65	1,55	2,28	2,98
Дисконтированный доход инноватора NPV_n	9100,98	8476,19	7875,42	9284,96	9522,43	9750,77
Дисконтированный доход преследователя NPV_r	8494,70	8373,99	8257,93	9766,86	9182,30	8620,24
Превышение интегрированного дохода инноватора относительно преследователя Δ	606,29	102,20	-382,50	-481,90	340,13	1130,54
Вероятность выигрыша инноватора $P_{\Delta \geq 0}$	1,00	0,47	0,00	0,00	0,98	1,00

Из табл. 2 видно, что при увеличении продолжительности δ_n ИРОТ инноватора при фиксированной продолжительности δ_r ИРОТ преследователя и неизменной величине δ_c снижения операционных издержек новой технологии происходит следующее. Коэффициент k_i дисконтирования затрат на ИРОТ возрастает, а величина $k_\Delta = k_2$ уменьшается. Это влечет за собой уменьшение Δ – разности между дисконтированными доходами инноватора и преследователя. Увеличивается угол наклона прямой k_i , отделяющей области выигрыша инноватора $\Delta > 0$ и преследователя $\Delta < 0$, что приводит к уменьшению площади фигуры, точки которой соответствуют условию $\Delta > 0$. Вероятность выигрыша инноватора уменьшается. Обратный результат мы наблюдаем в варианте увеличения продолжительности δ_r ИРОТ преследователя при фиксированной продолжительности δ_n ИРОТ инноватора и неизменной величине δ_c снижения операционных издержек новой технологии.

В табл. 3 приведены расчеты для дуополии Курно, показывающие влияние изменения операционных издержек новой технологии c_2 при фиксированных сроках ИРОТ конкурентов. В данном случае число периодов в интервале ИРОТ инноватора $\delta_n = t_1 = 6$ и преследователя $\delta_r = t_2 - t_1 = 4$. Число периодов в интервале применения новой технологии $T - t_2 = 10$. Границы допустимой области инновационных издержек за один период времени $s_n = 400,0$; $S_n = 500,0$; $s_r = 250,0$; $S_r = 350,0$. Затраты инноватора на ИРОТ за один период времени $R \& D_n = 450,0$; а преследователя $R \& D_r = 300,0$. Суммарные недисконтированные затраты инноватора $t_1 R \& D_n = 2700,0$ и преследователя $(t_2 - t_1) R \& D_r = 1200,0$. Коэффициент дисконтирования затрат на ИРОТ инноватора $k_i = 1,83$, а преследователя $k_\Delta = 2,87$.

Из табл. 3 видно, что при фиксированных сроках ИРОТ инноватора и преследователя, когда в результате модернизации внедряется технология с меньшими операционными издержками, происходит следующее: превышение (с учетом фактора времени) суммарной прибыли инноватора относительно преследователя γ возрастает тем больше, чем меньше затраты новой технологии

Таблица 3

Параметры модели и показатели результатов	Варианты снижения операционных издержек новой технологии		
Операционные издержки новой технологии c_2	16,00	14,00	12,00
Прибыли фирм $\pi_n(c_1, c_1) = \pi_r(c_1, c_1)$ в периодах проведения ИРОТ инноватором	625,00	625,00	625,00
Прибыль инноватора $\pi_n(c_2, c_1)$ в периодах проведения ИРОТ преследователем	961,00	1045,44	1133,44
Прибыль преследователя $\pi_r(c_2, c_1)$ в периодах его ИРОТ	484,00	455,11	427,11
Прибыли фирм во время использования новой технологии $\pi_n(c_2, c_2) = \pi_r(c_2, c_2)$	784,00	821,78	860,44
Превышение с учетом фактора времени суммарной прибыли инноватора относительно преследователя v	477,00	590,33	706,33
Дисконтированный доход инноватора NPV_n	7970,12	8419,38	8883,70
Дисконтированный доход преследователя NPV_r	8100,06	8224,19	8355,73
Превышение интегрированного дохода инноватора относительно преследователя Δ	-129,94	195,19	527,97
Вероятность выигрыша инноватора $P_{\Delta \geq 0}$	0,25	0,85	1,00

производства. Величина Δ выигрыша инноватора, равная разности дисконтированных доходов конкурентов, увеличивается с ростом снижения операционных издержек.

ВЫВОДЫ

1. Выигрыш инноватора или преследователя в результате модернизации производства, определяемый превышением интегрального дохода одного из них относительно другого за периоды жизни новой технологии, зависит от величин инновационных вложений конкурентов, продолжительностей ИРОТ, величины снижения инновационных издержек за счет внедрения новой технологии.

2. При фиксированных параметрах процесса модернизации в допустимой области инновационных затрат конкурентов линия их равных интегральных доходов разделяет две области. В одной выигрывает инноватор, а в другой – преследователь. Инноватор выигрывает, если с учетом фактора времени превышение его прибыли относительно прибыли конкурента больше превышения издержек на ИРОТ инноватора относительно затрат преследователя.

3. Альтернативой собственным ИРОТ преследователем является приобретение права на новую технологию у инноватора, а условие взаимной выгоды – неуменьшение интегрального дохода продавца и покупателя относительно гарантированного результата при их отказе от сделки.

Необходимое условие сделки – существование переговорного множества для цены лицензии – состоит в том, что приведенная величина увеличения прибыли фирмы-инноватора в результате модернизации не меньше приведенной величины уменьшения прибыли фирмы-преследователя в результате продажи права на новую технологию. Суммарный прирост доходов участников сделки не зависит от цены лицензии в отличие от величины прироста дохода каждой фирмы.

4. Существует разница в результатах разработки и внедрения новой технологии в случае, когда инноватор – лидер Штакельберга. При величине инновационных вложений преследователя в определенном среднем диапазоне инноватор проигрывает в дуополии Курно и выигрывает в дуополии Штакельберга. При высоких затратах преследователя на ИРОТ больший интегральный доход у инноватора, а при низких – у преследователя в дуополиях обоих видов. Возможность взаимовыгодной сделки продажи права определяется в дуополии Штакельберга так же, как и в модели Курно, величиной операционных затрат новой технологии, однако переговорное множество при инноваторе – лидере Штакельберга является подмножеством переговорного множества в дуополии Курно.

5. При неопределенности в затратах на ИРОТ вероятность выигрыша инноватора определяется соотношением границ допустимой области этих издержек и величин, зависящих от сроков модернизации, разности прибыли инноватора и преследователя в периодах ИРОТ, скорректированной влиянием фактора времени.

6. Рост продолжительности ИРОТ инноватора при фиксированном значении продолжительности ИРОТ преследователя и постоянной величине производственных издержек новой технологии в дуополии Курно влечет за собой уменьшение разности дисконтированных доходов между инноватором и преследователем. При детерминированно заданных затратах на ИРОТ уменьшение площади фигуры, соответствующей области выигрыша инноватора, означает, что часть проектов, в которых выигрывал инноватор, стала давать ему доход меньший, чем конкуренту. Для варианта стохастической модели, учитывающей неопределенность задания затрат на ИРОТ, это приводит к уменьшению вероятности выигрыша инноватора.

7. Рост продолжительности ИРОТ преследователя при неизменном значении продолжительности ИРОТ инноватора и фиксированной величине производственных издержек новой технологии в дуополии Курно увеличивает разность дисконтированных доходов инноватора и преследователя. Часть проектов, в которых выигрывал преследователь, стала давать ему доход меньший, чем конкуренту. Для варианта стохастической модели, учитывающей неопределенность задания затрат на ИРОТ, это означает увеличение вероятности выигрыша инноватора. Преследователь заинтересован в сокращении продолжительности собственных ИРОТ за счет большей информированности о разрабатываемой технологии.

8. При фиксированных сроках ИРОТ инноватора и преследователя рост величины снижения операционных издержек дает результаты, которые выражаются в уменьшении продолжительности разработки новой технологии инноватором или увеличении продолжительности ИРОТ преследователя в дуополии Курно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Варшавский Л.Е.** (2009). Моделирование развития рынков высокотехнологичной продукции с длительным жизненным циклом (на примере рынка гражданской авиационной техники) // *Теория и практика институциональных преобразований в России*. Вып. 14. М.: ЦЭМИ РАН.
- Вороновицкий М.М.** (2009). Инвестиции в снижение производственных издержек в условиях олигопольной конкуренции // *Теория и практика институциональных преобразований в России*. Вып. 14. М.: ЦЭМИ РАН.
- Дементьев В.Е.** (2007). Стратегия опережения в условиях олигопольной конкуренции на рынках новой продукции // *Теория и практика институциональных преобразований в России*. Вып. 10. М.: ЦЭМИ РАН.
- Портер М.** (2007). Конкурентная стратегия. М.: Альпина Бизнес Букс.
- Тироль Ж.** (2000). Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности. СПб.: Экономическая школа.
- Хэй Д., Моррис Д.** (1999). Теория организации промышленности. СПб.: Экономическая школа.
- Aghion P., Howitt P.** (1999). *Endogenous Growth Theory*. Massachusetts: MIT Press.

Поступила в редакцию
27.04.2012 г.

Analysis of the Results of Manufacture's Modernization in Conditions of Oligopoly Competition of Innovator and Its Pursuer

A.S. Pleschinskiy, E.S. Jiltsova

With the help of the developed analytical model the process of manufacture's modernization by the enterprises—innovators and their pursuers is investigated, which strategy differ by terms and expenses. The conditions of profit gaining are obtained for innovator and pursuer as a result of a competition in the determined and stochastic variants of model. The expressions for the price value set of the right on new technology are given at the bargain of the competitors. The influence of terms and innovation costs on results of modernization is investigated.

Keywords: modernization, duopoly, innovator, competition, cost reduction, competitive advantage.