

АНАЛИЗ КОНКУРЕНЦИИ И СОТРУДНИЧЕСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ В ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© 2017 г. А.С. Плещинский¹

Аннотация. С помощью предложенной экономико-математической модели исследован процесс конкуренции и сотрудничества при разработке технологических инноваций. Анализ выполнен с помощью двухуровневой системы игр. На первом более высоком уровне фирмы конкурируют на товарном рынке, осуществляя исследования и разработки, проводимые независимо или в сотрудничестве, или отказавшись от инноваций. В это время производство происходит на основе традиционной технологии. После того как игроки примут эти средние- или долгосрочные стратегии, они выполняют тактические решения второго уровня управления. Фирмы конкурируют путем выбора объемов выпуска продукции, производимой по новой технологии в случае завершения разработок, а при отказе от инновационного развития они применяют старый способ производства. Сформулированы условия, при выполнении которых инновационная или консервативная стратегия двух конкурирующих фирм является равновесием по Нэшу. Выявлены минимальные и максимальные значения затрат на разработку новой технологии для каждой фирмы, которые определяют ее стратегию. Эти границы издержек на нововведения равны приведенным приростам прибыли фирм от применения ими альтернативных стратегий. В координатах положительных значений инновационных затрат они задают пять областей. В каждой игроки выбирают только одну выгодную им стратегию. Доказана экономическая эффективность сотрудничества в разработке технологических инноваций в условиях несовершенной конкуренции на товарных рынках. Результаты анализа конкуренции и сотрудничества в разработке снижающих издержки технологических инноваций подтверждены на числовых примерах дуополий Курно и Штакельберга.

Ключевые слова: конкуренция, сотрудничество, технологические инновации, снижение издержек, биматричная игра, дуополия Курно, дуополия Штакельберга.

Классификация JEL: C71, C72, D43, D52, L13.

ВВЕДЕНИЕ

Теория анализа исследований, разработок и освоения новых технологий (ИРОТ) развита и широко известна (Тируль, 2000; Хэй, Моррис, 1999; Aghion, Howitt, 1999). Исследования олигополистической конкуренции при инвестициях в производство отражены в отечественной литературе (Варшавский, 2009; Вороновицкий, 2009; Дементьев, 2008). Модернизация производства — усовершенствование производственных процессов, внедрение новых технологий или товаров — позволяет предприятию получить конкурентные преимущества на рынке. Необходимы современные выводы для *практической модернизации* с использованием таких прогрессивных институтов, как сотрудничество производства в условиях несовершенной конкуренции.

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, например, в виде лидерства по издержкам в случае разработки и внедрения новой технологии, позволяющей снизить производственные затраты и увеличить свою рыночную долю. Стратегию этого типа будем называть инновационной, а вариант отказа от нововведения и применение традиционного способа производства — консервативной стратегией.

Сотрудничество в выполнении инновационной стратегии в условиях конкуренции при реализации продукции дает возможность сочетать интересы потребителей и производителей.

¹ Андрей Станиславович Плещинский — д.э.н., профессор, главный научный сотрудник ЦЭМИ РАН, Москва; pleschin@cemi.rssi.ru.

Первым важны эффекты от конкуренции, а вторым — результаты сотрудничества в условиях, когда оно им выгодно. Возможен синергетический эффект от кооперации человеческого капитала фирм в случае совместного осуществления исследований и разработок технологических инноваций. Объединение способностей организаций в решении необходимых задач, для каждой из которых целесообразно назначить лучшего исполнителя, быстрее приводит к конечному результату. Когда сотрудничество экономически эффективно для производителей, оно — в сочетании с общественной эффективностью конкуренции — дает прогрессивную форму деятельности предприятий в отраслях промышленности. Модернизация предприятий путем внедрения новых более эффективных технологических процессов является критичным мероприятием для отечественной промышленности. Результаты работы в области создания технологических инноваций актуальны в условиях затруднений в приобретении прав на использование зарубежных технологий и осуществлении собственных разработок новых способов производства.

Взаимодействие конкуренции и сотрудничества, которое заключается в совместном использовании ресурсов, в том числе информационных, реализуется фирмами на практике и требует теоретического обоснования. Сотрудничество между производителями осуществляется в форме временных и постоянных союзов.

Теория сотрудничества конкурентов (Нейлбафф, Бранденбургер, 2012), сформулированная авторами в 1996 г., развивает теоретико-игровой подход применительно к инвестиционным стратегиям в бизнесе. Успех в области инновационной активности (Pavitt, 1984) гораздо чаще сопутствовал тем фирмам, которые были более интерактивными. Разработана модель (Roketskiy, 2015) взаимодействия конкурентов, в которой выявляются необходимые и достаточные условия для устойчивой эффективной сети сотрудничества.

Большое практическое значение имеют такие модели ИРОТ, которые позволяют анализировать результаты модернизации производства при внедрении нововведений в условиях олигополистической конкуренции предприятий. Соответствующая этому случаю аналитическая и вычислимые модели модернизации производства инноватором и его преследователем (Плещинский, Жильцова, 2013а, 2013б) позволили получить ряд результатов. Выявлены условия выигрыша инноватора или преследователя при реализации различных стратегий, отличающихся сроками и затратами. Исследована дуополия при отсутствии стратегии модернизации у конкурента инноватора. Рассмотрены результаты модернизации, когда преследователь покупает лицензию на новую технологию. Определено влияние сроков ИРОТ и инновационных издержек на результаты конкуренции. Разработана компьютерная модель модернизируемой отрасли, в которой конкурирующие фирмы используют способы производства, характеризующиеся нелинейными затратами, функция спроса имеет постоянную эластичность спроса по цене. В каждом периоде времени положение отрасли является равновесием Курно и зависит от применяемой предприятиями технологии.

В данной работе развивается теория анализа процесса конкуренции и сотрудничества при разработке технологических нововведений с помощью созданного экономико-математического инструментария.

Объектом данного исследования является *дуополия* — отрасль, в которой производство осуществляется двумя крупными фирмами. Конкурируя друг с другом, оба предприятия принимают решения об объемах выпуска однородной продукции. Целью исследования является процесс их конкуренции и сотрудничества, когда фирмы применяют *две альтернативные стратегии* — выполнять ИРОТ или отказаться от них. Представим ситуацию, вынуждающую производителей обновлять производственные фонды с внедрением более прогрессивных технологий, которые позволили бы снизить издержки производства и, скорее всего, улучшить качество продукции. К инвестициям их может принудить угроза появления товаров из-за рубежа — более качественных, дешевых и, следовательно, более конкурентоспособных. Предприятие, ведущее собственные ИРОТ и осуществляющее нововведение, получает преимущество перед своим конкурентом, который использует традиционную технологию с операционными производственными издержками, превышающими затраты первого.

Процесс конкуренции и сотрудничества является двухуровневым. На первом уровне — средне- или долгосрочных решений — фирмы выбирают между инновационной и консервативной

стратегиями. Первую они могут осуществлять независимо друг от друга или в сотрудничестве. В этот период производство осуществляется с помощью традиционной технологии, а фирмы, даже сотрудничая в ИРОТ, принимают решения об объемах выпускаемой продукции и конкурируют на товарных рынках. Когда новая технология внедрена одной или обеими фирмами, происходит только конкуренция при продажах продукта новой или традиционной технологии. В это время фирмы принимают текущие решения об объемах выпуска. Таким образом, мы имеем дело с *системой двух игр*. Первая соответствует выбору фирмами инновационной или консервативной стратегий и реализации этих решений, а вторая игра представляет собой процесс конкуренции на товарных рынках.

В исследовании даны ответы на следующие вопросы. При каких условиях инновационная или консервативная стратегии двух конкурирующих фирм являются равновесием по Нэшу? Важно знать затраты на разработку новой технологии для каждой фирмы, при которых происходит изменение ее стратегии на противоположную, когда выгодно сотрудничество в исследованиях и разработках новой технологии. Как конкуренция в игре второго уровня влияет на выбор стратегий в игре первого уровня? Интересно сравнить результаты конкуренции и сотрудничества в том случае, когда одна фирма является лидером по Г. Штакельбергу, а другая — последователем.

СТРАТЕГИИ КОНКУРЕНЦИИ И СОТРУДНИЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

Рассмотрим стратегии конкуренции экономических производственных агентов — фирм, которые могут разрабатывать технологические инновации независимо или в кооперации друг с другом. В процессе функционирования им необходимо принимать управленческие решения двух уровней. На первом, более высоком уровне, осуществляется выбор между ИРОТ, сопровождаемыми инновационными затратами, и отказом от них с применением в дальнейшем старой технологии. Фирмы могут выполнять ИРОТ независимо или совместно. Решения второго уровня управления связаны с выбором объемов производства или цен продукции, выпускаемой с помощью новой технологии в случае завершения ИРОТ, а при отказе от инновационного развития при применении старой. Стратегии конкуренции первого уровня фирмы n две: инновационная n_+ при выполнении ИРОТ и консервативная n_- в случае отказа от ИРОТ. Фирма r на первом уровне управления также может выбирать инновационную r_+ или консервативную r_- стратегию.

Разобьем интервал времени на периоды $t = 1, \dots, \tau$, соответствующие функционированию производителей на основе традиционной технологии и осуществлению ИРОТ одной фирмой или обеими, и $t = \tau + 1, \dots, T$, когда внедривший инновацию агент использует новую технологию, снижающую операционные производственные затраты. В каждом периоде указанных интервалов фирмы конкурируют на товарных рынках, принимая решения об объемах выпускаемой продукции. Обозначим через $\pi_n^*(c_n, c_r)$ и $\pi_r^*(c_n, c_r)$ прибыли фирм n и r за один период при выборе ими равновесных стратегий второго уровня управления при операционных затратах c_n фирмы n и затратах c_r предприятия r . Предельные (удельные) операционные издержки c_n, c_r фирм n и r , соответственно, являются постоянными в одном периоде и могут изменяться при переходе к следующему. На втором уровне управления агенты n и r максимизируют свою прибыль за период, 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. В процессе экономического состязания в зависимости от стратегий первого уровня управления осуществляется один из четырех возможных вариантов потоков платежей.

Рассмотрим выбор стратегии n_+ фирмой n и r_+ ее конкурентом r . В интервалах времени $t = 1, \dots, \tau$ обе фирмы ведут ИРОТ независимо или в кооперации друг с другом. Инновационные затраты агентов n и r составляют соответственно $\tau R \& D_n$ и $\tau R \& D_r$ за τ периодов при независимых разработках. Они делаются фирмами n и r равными долями величины $R \& D_n$ и $R \& D_r$ за каждый интервал $t = 1, \dots, \tau$. Проект ИРОТ состоит из равных по трудоемкостям работ для исполнителей одинаковой компетенции. Фирмы n и r выполняют доли $\delta_n > 0, \delta_r > 0$ этих работ при условии $\delta_n + \delta_r = 1$ завершения всего проекта. При сотрудничестве финансовые затраты $\delta_n R \& D_n, \delta_r R \& D_r$ для фирм n и r за период $t = 1, \dots, \tau$, зависящие от компетенции сотрудников, уменьшаются

относительно издержек $R \& D_n$ и $R \& D_r$ независимых исследований пропорционально долям работ δ_n, δ_r . Такая зависимость соответствует случаю разных компетенций сотрудников фирм, но одинаковых для исполнителей одной организации.

Пусть, например, v – затраты фирмы n на одну работу, соответствующие компетенции ее сотрудников; $w \times v$ – издержки агента r , возрастающие в $w \geq 1$ раз относительно затрат n из-за компетенции исполнителей. Для независимых ИРОТ

$$R \& D_n = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^L v = \frac{Lv}{\tau}, \quad R \& D_r = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^L wv = \frac{Lwv}{\tau},$$

где L – число работ проекта. В случае сотрудничества, когда l_n работ $i = 1, \dots, l_n$ выполняет фирма n , а другие $l_r, i = l_n + 1, \dots, l_n + l_r; L = l_n + l_r$, агент r , их издержки составляют

$$R \& D_n^c = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{l_n} v = \frac{l_n v}{\tau}, \quad R \& D_r^c = \frac{1}{\tau} \sum_{i=l_n+1}^{l_n+l_r} wv = \frac{l_r w v}{\tau}.$$

Получили $\delta_n = R \& D_n^c / R \& D_n = l_n / L$, $\delta_r = R \& D_r^c / R \& D_r = l_r / L$, т.е. $\delta_n + \delta_r = 1$. В другом случае, когда по компетенции исполнителей проекта лидером является вторая фирма r , при независимых исследованиях или одинаковых долях выполняемых работ в условиях сотрудничества финансовые затраты на исследования и разработки больше у первой фирмы n . При $\delta_n = \delta_r = 0,5$ участники кооперативного поведения распределяют доли работ поровну. Для стратегии независимого осуществления ИРОТ в выражениях для инновационных затрат имеем $\delta_n = \delta_r = 1$.

В интервалах $t = 1, \dots, \tau$, когда фирмы используют традиционную технологию, их удельные операционные производственные издержки постоянны $c_n = c_r = c_1$, а прибыли фирм n и r равны $\pi_n^*(c_1, c_1)$ и $\pi_r^*(c_1, c_1)$ за каждый период. В интервалах $t = \tau + 1, \dots, T$ обе фирмы используют в производстве результаты ИРОТ – новую более прогрессивную технологию, обеспечивающую снижение операционных производственных затрат. Их удельные издержки $c_n = c_r = c_2$ ($c_2 < c_1$) меньше, чем при старом способе производства, а прибыли соответственно равны $\pi_n^*(c_2, c_2)$ и $\pi_r^*(c_2, c_2)$.

Для указанного потока платежей при реализации пары стратегий (n_+, r_+) фирма n за рассматриваемые периоды деятельности имеет чистый дисконтированный доход $NPV_n(n_+, r_+)$, а ее конкурент r , соответственно, $NPV_r(n_+, r_+)$. Для предприятия n с учетом того, что $\delta_n + \delta_r = 1$ при сотрудничестве и $\delta_n = \delta_r = 1$ в случае независимых ИРОТ, а также из выражения суммы ряда членов геометрической прогрессии

$\sum_{t=m+1}^n [1 / (1+d)^t] = (1 - (1+d)^{m-n}) / [d(1+d)^m]$, $n > m$, получим величину чистого дисконтированного дохода

$$\begin{aligned} NPV_n(n_+, r_+) &= - \sum_{t=1}^{\tau} \frac{\delta_n R \& D_n}{(1+d)^t} + \sum_{t=1}^{\tau} \frac{\pi_n^*(c_1, c_1)}{(1+d)^t} + \sum_{t=\tau+1}^T \frac{\pi_n^*(c_2, c_2)}{(1+d)^t} = \\ &= \left[-\delta_n R \& D_n + \pi_n^*(c_1, c_1) \right] \frac{1 - (1+d)^{-\tau}}{d} + \pi_n^*(c_2, c_2) \frac{1 - (1+d)^{-(T-\tau)}}{d(1+d)^{\tau}}. \end{aligned}$$

Обозначим учитывающие фактор времени коэффициенты $k_{\tau} = [1 - (1+d)^{-\tau}] / d$, $k_T = [1 - (1+d)^{-(T-\tau)}] / d(1+d)^{\tau}$, тогда

$$NPV_n(n_+, r_+) = -k_{\tau} \delta_n R \& D_n + k_{\tau} \pi_n^*(c_1, c_1) + k_T \pi_n^*(c_2, c_2). \quad (1)$$

Для фирмы r чистый дисконтированный доход равен

$$\begin{aligned} NPV_r(n_+, r_+) &= - \sum_{t=1}^{\tau} \frac{\delta_r R \& D_r}{(1+d)^t} + \sum_{t=1}^{\tau} \frac{\pi_r^*(c_1, c_1)}{(1+d)^t} + \sum_{t=\tau+1}^T \frac{\pi_r^*(c_2, c_2)}{(1+d)^t} = \\ &= -k_{\tau} \delta_r R \& D_r + k_{\tau} \pi_r^*(c_1, c_1) + k_T \pi_r^*(c_2, c_2). \end{aligned} \quad (2)$$

Рассмотрим выбор стратегии n_- фирмой n и r_- ее конкурентом r . Оба предприятия отказались от инновационного развития, поэтому в интервалах времени $t = 1, \dots, T$ они используют традиционную технологию, их удельные операционные производственные издержки $c_n = c_r = c_1$ больше, чем были бы при внедрении инновации. Прибыли фирм n и r равны соответственно $\pi_n^*(c_1, c_1)$ и $\pi_r^*(c_1, c_1)$ за каждый период. Для указанного потока платежей при реализации пары стратегий (n_-, r_-) фирма n за рассматриваемые периоды деятельности имеет чистый дисконтированный доход

$$NPV_n(n_-, r_-) = \sum_{t=1}^T \frac{\pi_n^*(c_1, c_1)}{(1+d)^t} = (k_\tau + k_T) \pi_n^*(c_1, c_1). \quad (3)$$

Для агента r чистый дисконтированный доход

$$NPV_r(n_-, r_-) = \sum_{t=1}^T \frac{\pi_r^*(c_1, c_1)}{(1+d)^t} = (k_\tau + k_T) \pi_r^*(c_1, c_1). \quad (4)$$

Вариант, когда в интервалах $t = 1, \dots, \tau$ фирма n самостоятельно проводит ИРОТ, а ее конкурент r отказывается от инновационного развития, соответствует паре стратегий (n_+, r_-) . В интервалах $t = 1, \dots, \tau$ оба предприятия используют традиционную технологию, поэтому их прибыли за период равны $\pi_n^*(c_1, c_1)$ и $\pi_r^*(c_1, c_1)$. В промежутках $t = \tau + 1, \dots, T$ фирма n использует новую технологию, а r применяет старую. В результате n получает конкурентное преимущество по операционным производственным затратам $c_n = c_2 < c_1 = c_r$, а прибыли фирм равны $\pi_r^*(c_2, c_1)$ и $\pi_n^*(c_2, c_1)$. При реализации пары стратегий (n_+, r_-) агент n за рассматриваемые периоды деятельности имеет чистый дисконтированный доход

$$NPV_n(n_+, r_-) = -k_\tau \delta_n R \& D_n + k_\tau \pi_n^*(c_1, c_1) + k_T \pi_n^*(c_2, c_1). \quad (5)$$

Для фирмы r чистый дисконтированный доход

$$NPV_r(n_+, r_-) = k_\tau \pi_r^*(c_1, c_1) + k_T \pi_r^*(c_2, c_1). \quad (6)$$

Четвертый вариант соответствует паре стратегий (n_-, r_+) . В этом случае инноватором является фирма r , а ее конкурент n нет. В интервалах времени $t = 1, \dots, \tau$ обе фирмы используют традиционную технологию, поэтому их прибыли за период равны $\pi_n^*(c_1, c_1)$ и $\pi_r^*(c_1, c_1)$. В промежутках $t = \tau + 1, \dots, T$ предприятие n применяет старую, а r использует новую технологию. В результате предприятие r получает конкурентное преимущество по операционным производственным затратам $c_r = c_2 < c_1 = c_n$, а прибыли фирм равны $\pi_n^*(c_1, c_2)$ и $\pi_r^*(c_1, c_2)$. При реализации пары стратегий (n_-, r_+) фирма n за рассматриваемые периоды деятельности имеет чистый дисконтированный доход

$$NPV_n(n_-, r_+) = k_\tau \pi_n^*(c_1, c_1) + k_T \pi_n^*(c_1, c_2). \quad (7)$$

Для r чистый дисконтированный доход

$$NPV_r(n_-, r_+) = -k_\tau \delta_r R \& D_r + k_\tau \pi_r^*(c_1, c_1) + k_T \pi_r^*(c_1, c_2). \quad (8)$$

Мы получили двухуровневую систему игр, соответствующих выбору фирмами инновационной или консервативной стратегии на средне- или долгосрочном интервале и их конкуренции на товарных рынках в текущих периодах функционирования.

УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ СТРАТЕГИЙ ФИРМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ СТРАТЕГИЙ

Реализация стратегий и платежей при конкуренции фирм на первом уровне принятия ими решений представляют биматричную игру. Выигрыши ее участников представлены в платежной матрице на рис 1. После того как игроки выбирают свои средне- или долгосрочные стратегии относительно осуществления ИРОТ или отказа от них, наступает время

тактических решений. Фирмы конкурируют, выбирая объемы выпуска в каждом периоде. Для определенности будем считать, что они склонны к инновационному развитию. Из двух альтернатив – выбирать ИРОТ или использовать старую технологию при равенстве доходов от реализации варианта – фирма предпочтет первую и будет разрабатывать нововведение.

Определим характеристики технологических инноваций, при которых пара стратегий (n_+, r_+) осуществления ИРОТ каждой фирмой самостоятельно является равновесием по Нэшу. Для этого должны выполняться условия

$$NPV_n(n_+, r_+) \geq NPV_n(n_-, r_+) \quad \& \quad NPV_r(n_+, r_+) \geq NPV_r(n_+, r_-). \quad (9)$$

Пара стратегий (n_-, r_-) , когда каждая фирма отказывается от ИРОТ, является равновесием по Нэшу, если

$$NPV_n(n_-, r_-) > NPV_n(n_+, r_-) \quad \& \quad NPV_r(n_-, r_-) > NPV_r(n_-, r_+). \quad (10)$$

Пара стратегий (n_+, r_-) , когда n выполняет ИРОТ, а r отказывается от них, является равновесием по Нэшу, если

$$NPV_n(n_+, r_-) \geq NPV_n(n_-, r_-) \quad \& \quad NPV_r(n_+, r_-) > NPV_r(n_+, r_+). \quad (11)$$

Пара стратегий (n_-, r_+) , когда агент n отказывается от ИРОТ, а r осуществляет их, является равновесием по Нэшу, если

$$NPV_n(n_-, r_+) > NPV_n(n_+, r_+) \quad \& \quad NPV_r(n_-, r_+) \geq NPV_r(n_-, r_-). \quad (12)$$

Обозначим приведенные эффекты увеличения прибыли фирм n и r от применения ими стратегий (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) относительно варианта реализации альтернативного решения с учетом коэффициентов k_+ , k_T как:

$$\begin{aligned} \Delta_n(n_+, r_+) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_n^*(c_2, c_2) - \pi_n^*(c_1, c_2)], & \Delta_r(n_+, r_+) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_1)], \\ \Delta_n(n_-, r_-) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_1, c_1)], & \Delta_r(n_-, r_-) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_r^*(c_1, c_2) - \pi_r^*(c_1, c_1)], \\ \Delta_n(n_+, r_-) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_1, c_1)], & \Delta_r(n_+, r_-) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_1)], \\ \Delta_n(n_-, r_+) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_n^*(c_2, c_2) - \pi_n^*(c_1, c_2)], & \Delta_r(n_-, r_+) &= \frac{k_T}{k_+} [\pi_r^*(c_1, c_2) - \pi_r^*(c_1, c_1)]. \end{aligned}$$

Указанные величины равны разности прибыли фирмы при реализации одной стратегии из пары альтернативных решений, умноженной на дисконтирующий коэффициент. Пары альтернативных стратегий выбраны из условий (9)–(12). Дисконтирующий коэффициент дает возможность сравнивать приведенные эффекты с инновационными затратами фирм за один период выполнения ИРОТ. Из (9) с учетом $\delta_n = \delta_r = 1$ следует, что должны быть справедливыми неравенства:

$$R \& D_n \leq \Delta_n(n_+, r_+) \quad \& \quad R \& D_r \leq \Delta_r(n_+, r_+). \quad (13)$$

		Стратегия фирмы n	
		n_+	n_-
Стратегия фирмы r	r_-	$NPV_n(n_+, r_-)$ $NPV_r(n_+, r_-)$	$NPV_n(n_-, r_-)$ $NPV_r(n_-, r_-)$
	r_+	$NPV_n(n_+, r_+)$ $NPV_r(n_+, r_+)$	$NPV_n(n_-, r_+)$ $NPV_r(n_-, r_+)$

Рис. 1. Стратегии и платежи биматричной игры

Условия (10) выполняются, если:

$$R\&D_n > \Delta_n(n_-, r_-) \& R\&D_r > \Delta_r(n_-, r_-). \quad (14)$$

Соотношения (11) справедливы, если:

$$R\&D_n \leq \Delta_n(n_+, r_-) \& R\&D_r > \Delta_r(n_+, r_-). \quad (15)$$

Условия (12) выполняются, если:

$$R\&D_n > \Delta_n(n_-, r_+) \& R\&D_r \leq \Delta_r(n_-, r_+). \quad (16)$$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} \Delta_{n1} &= \frac{k_T}{k_\tau} [\pi_n^*(c_1, c_1) - \pi_n^*(c_1, c_2)], \quad \Delta_{n2} = \frac{k_T}{k_\tau} [\pi_n^*(c_2, c_2) - \pi_n^*(c_1, c_1)], \\ \Delta_{n3} &= \frac{k_T}{k_\tau} [\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_2, c_2)], \quad \Delta_{r1} = \frac{k_T}{k_\tau} [\pi_r^*(c_1, c_1) - \pi_r^*(c_2, c_1)], \\ \Delta_{r2} &= \frac{k_T}{k_\tau} [\pi_r^*(c_2, c_2) - \pi_r^*(c_1, c_1)], \quad \Delta_{r3} = \frac{k_T}{k_\tau} [\pi_r^*(c_1, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_2)]. \end{aligned}$$

В рассматриваемых олигополиях конкуренция фирм, выбравших инновационную или консервативную стратегию, дает им прибыли, величины которых возрастают в порядке чередования стратегий (n_-, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_+) , (n_+, r_-) для предприятия n и в порядке (n_+, r_-) , (n_-, r_-) , (n_+, r_+) , (n_-, r_+) для конкурента r . В результате имеем выполнение неравенств $\pi_n^*(c_1, c_2) < \pi_n^*(c_1, c_1) < \pi_n^*(c_2, c_2) < \pi_n^*(c_2, c_1)$, $\pi_r^*(c_2, c_1) < \pi_r^*(c_1, c_1) < \pi_r^*(c_2, c_2) < \pi_r^*(c_1, c_2)$. Прибыли фирм, осуществляющих стратегии (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) , удовлетворяют следующим условиям.

1. В случае, когда обе фирмы реализовали инновационную стратегию, их прибыли больше, чем при консервативной стратегии, когда каждая применяет старую технологию, $\pi_n^*(c_1, c_1) < \pi_n^*(c_2, c_2)$, $\pi_r^*(c_1, c_1) < \pi_r^*(c_2, c_2)$.

2. Когда одна фирма использует старую технологию, а другая уменьшила свои производственные затраты за счет новой технологии и получила конкурентное преимущество, прибыль первой фирмы меньше, чем в случае применения старой технологии обеими фирмами, $\pi_n^*(c_1, c_2) < \pi_n^*(c_1, c_1)$, $\pi_r^*(c_2, c_1) < \pi_r^*(c_1, c_1)$.

3. Когда одна фирма уменьшила свои производственные затраты за счет новой технологии и получила конкурентное преимущество, а другая использует старую технологию, прибыль первой фирмы больше, чем в случае применения новой технологии обеими фирмами, $\pi_n^*(c_2, c_2) < \pi_n^*(c_2, c_1)$, $\pi_r^*(c_2, c_2) < \pi_r^*(c_1, c_2)$.

4. Суммарная прибыль фирм в случаях, когда одна из них имеет конкурентное преимущество перед другой в результате выполнения инновационной стратегии, больше суммарной прибыли в вариантах отсутствия конкурентного преимущества при одинаковых производственных затратах фирм. В этих условиях $\pi_n^*(c_1, c_2) + \pi_n^*(c_2, c_1) > \pi_n^*(c_1, c_1) + \pi_n^*(c_2, c_2)$, $\pi_r^*(c_1, c_2) + \pi_r^*(c_2, c_1) > \pi_r^*(c_1, c_1) + \pi_r^*(c_2, c_2)$, откуда следует, что $\pi_n^*(c_2, c_1) - \pi_n^*(c_2, c_2) > \pi_n^*(c_1, c_1) - \pi_n^*(c_1, c_2)$, $\pi_r^*(c_1, c_2) - \pi_r^*(c_2, c_2) > \pi_r^*(c_1, c_1) - \pi_r^*(c_2, c_1)$.

С учетом условия (1)–(4) справедливы неравенства:

$$\Delta_{n1} > 0, \Delta_{n2} > 0, \Delta_{n3} > 0, \Delta_{r1} > 0, \Delta_{r2} > 0, \Delta_{r3} > 0, \quad (17)$$

$$\Delta_{n3} > \Delta_{n1}, \Delta_{r3} > \Delta_{r1}. \quad (18)$$

Выполнение неравенств (17) и (18) для дуополий Курно и Штакельберга показано далее.

Для приведенных эффектов увеличения прибыли получим выражения:

$$\begin{aligned} \Delta_n(n_+, r_+) &= (\Delta_{n1} + \Delta_{n2}), \quad \Delta_r(n_+, r_+) = (\Delta_{r1} + \Delta_{r2}), \quad \Delta_n(n_-, r_-) = (\Delta_{n2} + \Delta_{n3}), \\ \Delta_r(n_-, r_-) &= (\Delta_{r2} + \Delta_{r3}), \quad \Delta_n(n_+, r_-) = (\Delta_{n2} + \Delta_{n3}), \quad \Delta_r(n_+, r_-) = (\Delta_{r1} + \Delta_{r2}), \\ \Delta_n(n_-, r_+) &= (\Delta_{n1} + \Delta_{n2}), \quad \Delta_r(n_-, r_+) = (\Delta_{r2} + \Delta_{r3}). \end{aligned}$$

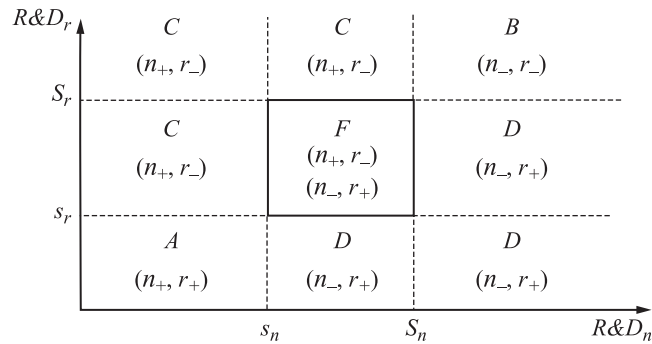


Рис. 2. Области равновесных стратегий фирм

Обозначим $s_n = \Delta_{n1} + \Delta_{n2}$, $S_n = \Delta_{n2} + \Delta_{n3}$, $s_r = \Delta_{r1} + \Delta_{r2}$, $S_r = \Delta_{r2} + \Delta_{r3}$. С учетом этого, условия (13), (14), (15), (16), при выполнении которых пары стратегий (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) фирм n и r являются равновесиями по Нэшу, имеют вид:

$$R\&D_n \leq s_n \text{ и } R\&D_r \leq s_r \text{ для стратегий } (n_+, r_+), \quad (19)$$

$$R\&D_n > S_n \text{ и } R\&D_r > S_r \text{ для стратегий } (n_-, r_-), \quad (20)$$

$$R\&D_n \leq S_n \text{ и } R\&D_r > s_r \text{ для стратегий } (n_+, r_-), \quad (21)$$

$$R\&D_n > s_n \text{ и } R\&D_r \leq S_r \text{ для стратегий } (n_-, r_+). \quad (22)$$

В силу (18) имеем $S_n > s_n$, $S_r > s_r$. С учетом этого условия (19)–(22) задают в координатах положительных значений затрат $R\&D_n$ и $R\&D_r$ пять множеств, определяющих области выбора фирмами инновационной или консервативной стратегии и приведенных на рис. 2.

ОБЛАСТИ ВЫБОРА ФИРМАМИ РАЗЛИЧНЫХ ПАР СТРАТЕГИЙ

Во множестве A относительно малых значений $R\&D_n$ и $R\&D_r$ выполняются (19) и стратегии (n_+, r_+) являются равновесными по Нэшу. В этом случае обе фирмы разрабатывают и внедряют технологические инновации.

В области B относительно больших значений $R\&D_n$ и $R\&D_r$ выполняются (20) и стратегии (n_-, r_-) являются равновесными по Нэшу. В этом случае обе фирмы отказываются от ИПОТ. В прямоугольнике F множества значений затрат $R\&D_n$ и $R\&D_r$, удовлетворяющих ограничениям $s_n < R\&D_n \leq S_n$ и $s_r < R\&D_r \leq S_r$, выполняются условия (21) и (22). Обозначим разность множества $0 < R\&D_n \leq S_n$, $R\&D_r > s_r$ и его подмножества F как множество C . Другими словами, C является дополнением F во множестве $0 < R\&D_n \leq S_n$, $R\&D_r > s_r$. Область C представляет собой множество инновационных затрат, для которых выполняются ограничения $R\&D_n \leq s_n$, $s_r < R\&D_r \leq S_r$ или $0 < R\&D_n \leq S_n$, $R\&D_r > S_r$. В области C относительно малых значений $R\&D_n$ и относительно больших $R\&D_r$ выполняются (21) и несправедливы (22), а стратегии (n_+, r_-) являются равновесными по Нэшу. В этом случае фирма n выполняет ИПОТ, а r отказывается от них.

Обозначим разность множества $R\&D_n > s_n$, $0 < R\&D_r \leq S_r$ и его подмножества F как D . Другими словами, D является дополнением F в указанном множестве. Область D представляет собой инновационные затраты, для которых $s_n < R\&D_n \leq S_n$, $0 < R\&D_r \leq s_r$ или $R\&D_n > S_n$, $0 < R\&D_r \leq S_r$. В области D относительно больших значений $R\&D_n$ и относительно малых $R\&D_r$ выполняются (22) и несправедливы (21), а стратегии (n_-, r_+) являются равновесными по Нэшу. Для попавших в D значений инновационных затрат агент n отказывается от ИПОТ, а r осуществляет их.

Четыре множества значений инновационных затрат A , B , C , D , в которых выполняются условия (19) для A , (20) для B , (21) для C и (22) для D , но несправедливы одновременно (21) и (22) как в F , определяют выгодные для фирм стратегии (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) .

При значениях инновационных издержек из прямоугольника F выполняются условия (21), (22) равновесия по Нэшу для взаимоисключающих пар стратегий (n_+, r_-) и (n_-, r_+) . В этом случае возникает более сложная биматричная игра. Выигрыши фирмы n удовлетворяют соотношениям $NPV_n(n_+, r_+) < NPV_n(n_-, r_+) < NPV_n(n_-, r_-) \leq NPV_n(n_+, r_-)$. Действительно, первое неравенство следует из (12), третье из (11), а для второго имеем $NPV_n(n_-, r_-) - NPV_n(n_-, r_+) = k_T(\pi_n^*(c_1, c_1) - \pi_n^*(c_1, c_2)) > 0$. Для выигрышей фирмы r имеем $NPV_r(n_+, r_+) < NPV_r(n_+, r_-) < NPV_r(n_-, r_-) \leq NPV_r(n_-, r_+)$. Первое неравенство следует из (11), третье из (12), а для второго $NPV_r(n_-, r_+) - NPV_r(n_+, r_-) = k_T(\pi_r^*(c_1, c_1) - \pi_r^*(c_2, c_1)) > 0$.

В случае, когда фирмы договорились бы не осуществлять ИРОТ, каждая из них в силу экономики на инновационных затратах получает чистый дисконтированный доход, превышающий величину в случае варианта независимого выполнения ИРОТ, так как $NPV_n(n_-, r_-) > NPV_n(n_+, r_+)$. Однако когда фирма r откажется от разработки технологической инновации и выберет стратегию r_- , то склонный к инновационному развитию игрок n может реализовать решение n_+ и получить доход не меньше, чем при отказе от ИРОТ, так как $NPV_n(n_+, r_-) \geq NPV_n(n_-, r_-)$. Аналогично, если фирма n выберет стратегию n_- , то склонный к инновациям игрок r может реализовать вариант r_+ и получить доход не меньше, чем при осуществлении решения r_- , так как $NPV_r(n_-, r_+) \geq NPV_r(n_-, r_-)$. Кооперативное равновесие, соответствующее паре стратегий (n_-, r_-) , неустойчиво. С учетом этих обстоятельств можно считать, что сговор фирм и выбор ими пары стратегий (n_-, r_-) при одновременном отказе от ИРОТ обеих фирм не происходит.

Желая получить максимальный доход, каждая фирма скорее всего выберет инновационную стратегию, и решением игры будет вариант (n_+, r_+) независимых исследований и разработок новой технологии. В противном случае, если одна из фирм выберет консервативную стратегию, а другая реализует инновационную с целью получения преимущества в производственных затратах, то первая получит минимальный доход, а вторая максимальный для пары альтернативных стратегий осуществления ИРОТ или отказа от них. Итак, выбором инновационной стратегии каждая фирма может не допустить получение максимального выигрыша $NPV_n(n_+, r_-)$, $NPV_r(n_-, r_+)$ конкурента.

При этих обстоятельствах с учетом нереализуемости варианта (n_-, r_-) выбора консервативных стратегий обеими игроками следующей лучшей является пара стратегий (n_+^c, r_+^c) совместных исследований и разработок технологической инновации. Определим условия, при которых более выгодным является кооперативное поведение, когда фирмы сотрудничают в исследованиях и разработках и конкурируют на товарном рынке при реализации продукта новой технологии. Эффекты E_n, E_r сотрудничества будем измерять превышением дохода фирмы в случае совместных разработок относительно величины, соответствующей реализации альтернативной стратегии.

При выборе стратегии (n_+^c, r_+^c) доходы $NPV_n^c(n_+^c, r_+^c)$, $NPV_r^c(n_+^c, r_+^c)$ игроков в варианте сотрудничества в ИРОТ всегда превышают выигрыши $NPV_n(n_+, r_+)$, $NPV_r(n_+, r_+)$ в случае независимых исследований, так как

$$E_n = NPV_n^c(n_+^c, r_+^c) - NPV_n(n_+, r_+) = k_\tau(1 - \delta_n)R \& D_n > 0, \quad (23)$$

$$E_r = NPV_r^c(n_+^c, r_+^c) - NPV_r(n_+, r_+) = k_\tau(1 - \delta_r)R \& D_r = k_\tau \delta_n R \& D_r > 0. \quad (24)$$

Итак, если фирмы решили проводить независимые ИРОТ, то им выгоднее сотрудничество. Когда игроки признают невозможным получение доходов $NPV_n(n_+, r_-)$, $NPV_r(n_-, r_+)$, $NPV_n(n_-, r_-)$, $NPV_r(n_-, r_-)$ в условиях нереализуемости стратегий (n_+, r_-) , для n , (n_-, r_+) для r , (n_-, r_-) обоими игроками, условия выгоды совместной деятельности для фирмы n имеют вид:

$$E_n = NPV_n^c(n_+^c, r_+^c) - NPV_n(n_-, r_+) = k_\tau(-\delta_n R \& D_n + \Delta_{n1} + \Delta_{n2}) \geq 0, \quad (25)$$

следовательно, при $R \& D_n \leq (\Delta_{n1} + \Delta_{n2}) / \delta_n$ фирме n выгодней осуществлять ИРОТ совместно со своим конкурентом, чем отказаться от инновационного развития, когда r реализует инновационную стратегию.

При этих же обстоятельствах доход $NPV_r^c(n_+^c, r_+^c)$ фирмы r при сотрудничестве в ИРОТ превышает ее выигрыш $NPV_r(n_+, r_-)$, когда она отказывается от самостоятельных исследований, если

$$E_r = NPV_r^c(n_+^c, r_+^c) - NPV_r(n_+, r_-) = k_r(-\delta_r R \& D_r + \Delta_{r1} + \Delta_{r2}) \geq 0, \quad (26)$$

следовательно, для $R \& D_r \leq (\Delta_{r1} + \Delta_{r2}) / (1 - \delta_n)$ фирме r выгодней осуществлять ИРОТ совместно со своим конкурентом, когда n выбрала инновационную стратегию.

Итак, распределение $\Delta_n > 0$, $\Delta_r = 1 - \Delta_n$ долей работ обеспечивает с учетом нереализуемых стратегий выгодность фирмам n и r сотрудничества в ИРОТ при выполнении условий:

$$R \& D_n \leq (\Delta_{n1} + \Delta_{n2}) / \delta_n = S_n^F, \quad R \& D_r \leq (\Delta_{r1} + \Delta_{r2}) / (1 - \delta_n) = S_r^F. \quad (27)$$

С учетом нереализуемых фирмами решений кооперативная стратегия (n_+^c, r_+^c) является устойчивой. Если фирма откажется от нее, то ее доход уменьшится (не увеличится). Во множестве F значений инновационных затрат $R \& D_n$, $R \& D_r$ в условиях сотрудничества область выбора фирмами стратегий (n_+^c, r_+^c) расширяется до прямоугольника $s_n < R \& D_n \leq S_n^F$, $s_r < R \& D_r \leq S_r^F$, $s_n < S_n^F$, $s_r < S_r^F$. В этой области фирмам совместные исследования и разработки выгодней, чем независимые ИРОТ и минимальные доходы альтернативных стратегий каждого предприятия. В том случае, когда $S_n^F \geq S_n$ и $S_r^F \geq S_r$, эта область выполнения инновационных стратегий (n_+^c, r_+^c) обеими фирмами перекрывает множество F , в котором возникает проблема выбора игроками равновесного состояния при некооперативном поведении. Условия $S_n^F \geq S_n$ и $S_r^F \geq S_r$ имеют вид

$$s_n \geq \Delta_n S_n \text{ и } s_r \geq (1 - \Delta_n) S_r. \quad (28)$$

Во множестве A значений инновационных затрат в силу (23), (24) фирмам всегда выгодно сотрудничество в ИРОТ. Экономическая интерпретация условий (19)–(22) выбора фирмами стратегий состоит в следующем. Выделены граничные значения затрат на исследования и разработки новой технологии для каждой фирмы. Они задают минимальную и максимальную пороговые величины, которые определяют изменение стратегии фирмы на противоположную.

Для инновационных затрат (19), не превышающих нижнюю границу, каждая фирма самостоятельно проводит ИРОТ. В этом случае ее затраты за период времени не больше приведенного увеличения прибыли в результате снижения издержек при применении более эффективной технологии, когда конкурент также использует результаты нововведения. Этому выбору фирм соответствует множество A затрат на ИРОТ.

Для инновационных затрат (20), превышающих верхнюю границу, обе фирмы отказываются от ИРОТ. В этом случае затраты каждой из них за период времени больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент использует в производстве старую технологию. Этому выбору фирм соответствует множество B затрат на ИРОТ.

Для инновационных затрат (21), не превышающих верхнюю границу для фирмы n и превышающих нижнюю границу для r , предприятие n самостоятельно проводит ИРОТ, а r отказывается от исследований и разработок. В этом случае затраты n за период времени не больше приведенного увеличения прибыли в результате снижения издержек при применении новой технологии, когда конкурент использует прежнюю технологию. Затраты r за период времени больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент также использует результаты нововведения. Этому выбору фирм соответствует множество C затрат на ИРОТ.

Для инновационных издержек (22), превышающих нижнюю границу для фирмы n и не превышающих верхнюю границ для r , предприятие n отказывается от ИРОТ, а r самостоятельно проводит исследования и разработки. В этом случае затраты n за период времени больше приведенного увеличения прибыли в результате применения новой технологии, когда конкурент также использует более эффективный способ производства. Затраты r за период времени не больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент использует прежнюю технологию. Этому выбору фирм соответствует множество D затрат на ИРОТ.

В области F условия (21), (22) выполняются вместе. В этом случае каждой фирме выгодно осуществлять ИРОТ, только если конкурент не разрабатывает более эффективную технологию. Когда ни одна из фирм не отказывается от инновационного развития, им выгодно сотрудничество

в ИРОТ, несмотря на конкуренцию на товарном рынке при реализации продукта нового способа производства.

ФИРМЫ КОНКУРИРУЮТ В ДУОПОЛИИ КУРНО В УСЛОВИЯХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИЛИ КОНСЕРВАТИВНОЙ СТРАТЕГИИ

Отрасль представляет собой количественную несимметричную дуополию Курно, оба производителя конкурируют по объему выпуска однородного продукта. 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 первой и второй фирмам соответственно.

Пусть q_n, q_r – объемы выпусков фирмы 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 :

$$\pi_n = Pq_n - c_n q_n = [a - b(q_n + q_r)]q_n - c_n q_n. \quad (29)$$

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

$$\pi_r = Pq_r - c_r q_r = [a - b(q_n + q_r)]q_r - c_r q_r. \quad (30)$$

Оптимальные реакции конкурентов, которые максимизируют свои прибыли в количественной дуополии:

$$R_n = \frac{\partial \pi_n}{\partial q_n} = a - 2bq_n - bq_r - c_n = 0, \quad (31)$$

$$R_r = \frac{\partial \pi_r}{\partial q_r} = a - 2bq_r - bq_n - c_r = 0, \quad (32)$$

откуда следует

$$\begin{cases} 2q_n + q_r = (a - c_n) / b, \\ q_n + 2q_r = (a - c_r) / b. \end{cases} \quad (33)$$

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. Они имеют вид $\partial q_n / \partial q_r = 0$ и $\partial q_r / \partial q_n = 0$.

Условия максимума второго порядка выполняются, так как функции прибыли (29) и (30) являются вогнутыми (выпуклыми вверх). Выпуски дуополистов определяются решением системы уравнений (33):

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

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 (29) и (30):

$$\pi_n^*(c_n, c_r) = P^* q_n^* - c_n q_n^* = \left(\frac{a + c_n + c_r}{3} - c_n \right) \frac{a - 2c_n + c_r}{3b} = \frac{(a - 2c_n + c_r)^2}{9b}, \quad (34)$$

$$\pi_r^*(c_n, c_r) = P^* q_r^* - c_r q_r^* = \left(\frac{a + c_n + c_r}{3} - c_r \right) \frac{a + c_n - 2c_r}{3b} = \frac{(a + c_n - 2c_r)^2}{9b}. \quad (35)$$

Для исследуемых стратегий конкуренции в отраслевом равновесии Курно прибыли фирм

$$\pi_n^*(c_1, c_1) = \pi_r^*(c_n, c_r) = (a - c_1)^2 / 9b, \quad \pi_n^*(c_2, c_2) = \pi_r^*(c_2, c_2) = (a - c_2)^2 / 9b, \quad \pi_n^*(c_1, c_2) = \pi_r^*(c_2, c_1) = (a - 2c_1 + c_2)^2 / 9b, \quad \pi_n^*(c_2, c_1) = \pi_r^*(c_1, c_2) = (a + c_1 - 2c_2)^2 / 9b.$$

Обе фирмы конкурируют в рассматриваемой модели дуополии, когда их выпуски положительны. Из условий $q_n^* > 0$, $q_r^* > 0$ имеем $a - 2c_n + c_r > 0$, $a + c_n - 2c_r > 0$. Из этих неравенств для пар стратегий (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) с учетом возможных значений c_n , c_r следует, что удельные издержки меньше цены закрытия рынка $c_1 < a$, $c_2 < a$, их снижение $c_2 < c_1$ при внедрении новой технологии удовлетворяет условию $a - 2c_1 + c_2 > 0$, а соотношение $a + c_1 - 2c_2 = (a - c_2) + (c_1 - c_2) > 0$ выполняется в силу предыдущих неравенств. С учетом таких значений производственных затрат консервативной и инновационной стратегии из выражений прибыли фирм в дуополии Курно следует, что $\pi_n^*(c_1, c_2) < \pi_n^*(c_1, c_1) < \pi_n^*(c_2, c_2) < \pi_n^*(c_2, c_1)$, $\pi_r^*(c_2, c_1) < \pi_r^*(c_1, c_1) < \pi_r^*(c_2, c_2) < \pi_r^*(c_1, c_2)$. Полученные соотношения прибыли фирм за один период в зависимости от используемых ими технологий обеспечивают выполнение условий (17). Справедливость (18) проверяется выражениями $\Delta_{n3} - \Delta_{n1} = \Delta_{r3} - \Delta_{r1} = 4k_T(c_1 - c_2)^2 / 9k_\tau b > 0$.

Границы областей выбора фирмами стратегий вычисляются по формулам:

$$s_n^c = \Delta_{n1} + \Delta_{n2} = 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_1) / 9k_\tau b > 0, \quad S_n^c = \Delta_{n2} + \Delta_{n3} = 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_2) / 9k_\tau b > 0, \\ s_r^c = \Delta_{r1} + \Delta_{r2} = 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_1) / 9k_\tau b > 0, \quad S_r^c = \Delta_{r2} + \Delta_{r3} = 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_2) / 9k_\tau b > 0.$$

Отсюда следует, что в дуополии Курно нижние и, соответственно, верхние границы равны, $s_n^c = s_r^c$, $S_n^c = S_r^c$, причем $S_n^c - s_n^c = S_r^c - s_r^c = 4k_T(c_1 - c_2)^2 / 9k_\tau b > 0$, т.е. область F представляет собой прямоугольник. Получили существование множества F значений инновационных издержек $R\&D_n$, $R\&D_r$, в котором каждой фирме выгодно разрабатывать новую технологию при условии, что ее конкурент отказывается от ИРОТ.

Условия (28) выгоды фирмам сотрудничества в исследованиях и разработках технологических инноваций во всем множестве F значений затрат на ИРОТ имеют вид: $a - c_1 \geq (a - c_2)\max(\delta_n, 1 - \delta_n)$. При распределении $\delta_n = 0,5$ долей работ между участниками совместной деятельности поровну это соотношение $a - 2c_1 + c_2 \geq 0$ выполняется.

ФИРМЫ КОНКУРИРУЮТ В ДУОПОЛИИ ШТАКЕЛЬБЕРГА В УСЛОВИЯХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИЛИ КОНСЕРВАТИВНОЙ СТРАТЕГИИ

Теперь рассмотрим другой вариант отрасли, в которой фирма n является лидером, а фирма r с точки зрения классификации конкурентов в дуополии Штакельберга действует, выбирая объем производства, как последователь лидера. Уравнение реакции последователя (32), соответствующее максимуму его прибыли при объеме q_n производства лидера, определяет выпуск $q_r = (a - c_r) / 2b - q_n / 2$ в зависимости от объема q_n производства лидера. Подставим величину выпуска последователя в уравнение прибыли лидера. Получим зависимость прибыли лидера от его выпуска

$$\pi_n = Pq_n - c_n q_n = \left[a - b \left(q_n + \frac{a - c_r}{2b} - \frac{q_n}{2} \right) \right] q_n - c_n q_n = 0,5(a - 2c_n + c_r - bq_n)q_n. \quad (36)$$

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

$$q_n^* = (a - 2c_n + c_r) / 2b, \quad (37)$$

а объем производства последователя —

$$q_r^* = (a + 2c_n - 3c_r) / 4b. \quad (38)$$

Общий выпуск отрасли и соответствующая рыночная цена находятся из соотношений

$$Q^* = (3a - 2c_n - c_r) / 4b, \quad P^* = (a + 2c_n + c_r) / 4.$$

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

$$\pi_{nst}^*(c_n, c_r) = (P^* - c_n)q_n^* = \left(\frac{a + 2c_n + c_r}{4} - c_n \right) \frac{a - 2c_n + c_r}{2b} = \frac{(a - 2c_n + c_r)^2}{8b}, \quad (39)$$

$$\pi_{rst}^*(c_n, c_r) = (P^* - c_r)q_r^* = \left(\frac{a + 2c_n + c_r}{4} - c_r \right) \frac{a + 2c_n - 3c_r}{4b} = \frac{(a + 2c_n - 3c_r)^2}{16b}. \quad (40)$$

Для исследуемых стратегий конкуренции в отраслевом равновесии Штакельберга прибыль лидера: $\pi_{nst}^*(c_1, c_2) = (a - 2c_1 + c_2)^2 / 8b$, $\pi_{nst}^*(c_1, c_1) = (a - c_1)^2 / 8b$, $\pi_{nst}^*(c_2, c_2) = (a - c_2)^2 / 8b$, $\pi_{nst}^*(c_2, c_1) = (a + c_1 - 2c_2)^2 / 8b$.

Прибыль последователя: $\pi_{rst}^*(c_2, c_1) = (a - 3c_1 + 2c_2)^2 / 16b$, $\pi_{rst}^*(c_1, c_1) = (a - c_1)^2 / 16b$, $\pi_{rst}^*(c_2, c_2) = (a - c_2)^2 / 16b$, $\pi_{rst}^*(c_1, c_2) = (a + 2c_1 - 3c_2)^2 / 16b$.

Обе фирмы конкурируют в рассматриваемой модели дуополии, когда их выпуски положительны. Из условий $q_n^* > 0$, $q_r^* > 0$ имеем $a - 2c_n + c_r > 0$, $a + 2c_n - 3c_r > 0$. Из этих неравенств для пар стратегий (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) с учетом возможных значений c_n , c_r следует, что удельные издержки меньше цены закрытия рынка $c_1 < a$, $c_2 < a$ и их снижение $c_2 < c_1$ при внедрении новой технологии удовлетворяет условиям $a - 2c_1 + c_2 > 0$, $a + 2c_2 - 3c_1 > 0$. Остальные необходимые соотношения $a + c_1 - 2c_2 = (a - c_2) + (c_1 - c_2) > 0$, $a + 2c_1 - 3c_2 = (a - c_2) + 2(c_1 - c_2) > 0$ выполняются в силу предыдущих неравенств.

С учетом таких производственных затрат консервативной и инновационной стратегии из выражений прибыли фирм в дуополии Штакельберга следует, что $\pi_{nst}^*(c_1, c_2) < \pi_{nst}^*(c_1, c_1) < \pi_{nst}^*(c_2, c_2) < \pi_{nst}^*(c_2, c_1)$, $\pi_{rst}^*(c_2, c_1) < \pi_{rst}^*(c_1, c_1) < \pi_{rst}^*(c_2, c_2) < \pi_{rst}^*(c_1, c_2)$. Полученные соотношения прибыли фирм за один период в зависимости от используемых ими технологий, как и в дуополии Курно, обеспечивают в дуополии Штакельберга выполнение условий (17). Справедливость (18) проверяется выражениями: $\Delta_{n3} - \Delta_{n1} = k_T(c_1 - c_2)^2 / 2k_\tau b > 0$, $\Delta_{r3} - \Delta_{r1} = 3k_T(c_1 - c_2)^2 / 4k_\tau b > 0$.

Границы областей выбора фирмами стратегий вычисляются по формулам: $s_n^{st} = \Delta_{n1} + \Delta_{n2} = k_T(c_1 - c_2)(a - c_1) / 2k_\tau b > 0$, $s_n^{st} = \Delta_{n2} + \Delta_{n3} = k_T(c_1 - c_2)(a - c_2) / 2k_\tau b > 0$, $s_r^{st} = \Delta_{r1} + \Delta_{r2} = 3k_T(c_1 - c_2)(2a - 3c_1 + c_2) / 16k_\tau b > 0$, $s_r^{st} = \Delta_{r2} + \Delta_{r3} = 3k_T(c_1 - c_2)(2a + c_1 - 3c_2) / 16k_\tau b > 0$. В дуополии Штакельберга $s_n^{st} - s_n^c = \Delta_{n3} - \Delta_{n1} > 0$, $s_r^{st} - s_r^c = \Delta_{r3} - \Delta_{r1} > 0$, $(s_r^{st} - s_r^c) - (s_n^{st} - s_n^c) = k_T(c_1 - c_2)^2 / 4k_\tau b > 0$, т.е. $(s_r^{st} - s_r^c) > (s_n^{st} - s_n^c)$. Получили существование множества F значений инновационных издержек $R\&D_n$, $R\&D_r$, в котором каждой фирме выгодно разрабатывать новую технологию при условии, что ее конкурент отказывается от ИРОТ.

В дуополии Штакельберга нижняя и верхняя границы лидера превышают нижнюю и, соответственно, верхнюю границы последователя: $s_n^{st} - s_r^{st} = k_T(c_1 - c_2)[2(a - c_2) + (c_1 - c_2)] / 16k_\tau b$, $s_n^{st} - s_r^{st} = k_T(c_1 - c_2)[(a - c_2) + (a - 3c_1 + 2c_2)] / 16k_\tau b$, т.е. $s_n^{st} > s_r^{st}$, $s_n^{st} > s_r^{st}$. В дуополии Курно эти границы равны. Для фирмы n лидера Штакельберга нижняя граница областей смены стратегий превышает нижнюю границу в дуополии Курно: $s_n^{st} > s_n^c$. Для верхних границ лидера выполняются аналогичные соотношения: $s_n^{st} > s_n^c$. Действительно, $s_n^{st} = 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_1) / 8k_\tau b > 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_1) / 9k_\tau b = s_n^c$, $s_n^{st} = 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_2) / 8k_\tau b > 4k_T(c_1 - c_2)(a - c_2) / 9k_\tau b = s_n^c$.

Условия (28) выгоды фирмам сотрудничества в исследованиях и разработках технологических инноваций во всем множестве F значений затрат на ИРОТ имеют вид: $(a - c_1) \geq \delta_n(a - c_2)$ и $(2a - 3c_1 + c_2) \geq (1 - \delta_n)(2a + c_1 - 3c_2)$. При распределении $\delta_n = 0,5$ долей работ между участниками совместной деятельности поровну, с учетом того что $a - 2c_1 + c_2 \geq 0$, эти условия справедливы при $(a - c_1) \geq 2,5(c_1 - c_2)$.

ЧИСЛОВЫЕ ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА КОНКУРЕНЦИИ И СОТРУДНИЧЕСТВА

Покажем результаты конкуренции и сотрудничества в разработке технологической инновации на числовом примере. В нашем случае цена закрытия рынка в обратной линейной функции спроса $a = 300$; отношение цены закрытия рынка к емкости рынка в этой функции $b = 2$; дисконт $d = 0,1$; значение операционных издержек старой и новой технологии $c_1 = 120$, $c_2 = 60$ соответственно. Число интервалов времени, в которых одна или обе фирмы осуществляют ИРОТ, $\tau = 5$. Количество периодов использования новой технологии $T = 30$. Для этих данных учитывающие фактор времени коэффициенты $k_\tau = 3,79$, $k_T = 5,64$, их отношение $k_T / k_\tau = 1,487$. Прибыли конкурирующих в дуополии Курно фирм вычисляются по формулам (34), (35) и равны $\pi_n^*(c_1, c_2) = 800,00$; $\pi_n^*(c_1, c_1) = 1800,00$; $\pi_n^*(c_2, c_2) = 3200,00$; $\pi_n^*(c_2, c_1) = 5000,00$; $\pi_r^*(c_2, c_1) = 800,00$; $\pi_r^*(c_1, c_1) = 1800,00$; $\pi_r^*(c_2, c_2) = 3200,00$; $\pi_r^*(c_1, c_2) = 5000,00$. Приведенные величины изменений прибыли фирм n и r за один период $\Delta_{n1} = 1486,80$; $\Delta_{n2} = 2081,51$; $\Delta_{n3} = 2676,23$; $\Delta_{r1} = 1486,80$; $\Delta_{r2} = 2081,51$; $\Delta_{r3} = 2676,23$. Минимальная и максимальная пороговые величины, которые определяют изменение стратегии фирмы на противоположную, $s_n = 3568,31$; $S_n = 4757,75$; $s_r = 3568,31$; $S_r = 4757,75$. Выигрыши фирм для дуополии Курно приведены в табл. 1. Для различных величин $R\&D_n$, $R\&D_r$ затрат на ИРОТ за период времени в столбцах приведены чистые дисконтированные доходы фирм n и r при выборе ими стратегий (n_+, r_+) , (n_-, r_-) , (n_+, r_-) , (n_-, r_+) , (n_+, r_+^c) . В последнем столбце указаны области равновесия, соответствующие затратам на ИРОТ. Результаты конкуренции и сотрудничества рассчитаны для таких величин инновационных издержек, которые охватывают все случаи выбора фирмами возможных стратегий.

В строке 1 приведен вариант, для которого разработка новой технологии характеризуется величинами $R\&D_n = s_n$, $R\&D_r = s_r$, равными нижней границе, определяющей смену стратегии. В этом случае в силу (19) фирмы выбирают стратегию (n_+, r_+) , которая выгодна каждой из них, так как обеспечивает выполнение условий (9). В данной области A инновационных затрат обе фирмы независимо осуществляют ИРОТ. Более того, стратегия (n_+, r_+) является решением рассматриваемой биматричной игры для всех значений $R\&D_n$, $R\&D_r$, которые меньше указанных нижних границ. В силу (23), (24) при таких значениях инновационных издержек игрокам выгодно сотрудничество в осуществлении ИРОТ, т.е. стратегия (n_+, r_+^c) . При ее выборе в силу (23), (24) каждая фирма получит увеличение дохода на 6763,35, когда доли $\delta_n = 0,5$ работ распределяются поровну. Этот эффект составляет 59,68% относительно варианта независимых исследований и разработок.

В строке 2 приведен вариант, для которого величины $R\&D_n = S_n + 10$, $R\&D_r = S_r + 10$ превышают верхнюю границу, определяющую смену решения. В этом случае в силу (20) фирмы выбирают стратегию (n_-, r_-) , которая выгодна каждой из них, так как обеспечивает выполнение условий (10). В данной области B инновационных затрат обе фирмы отказываются от ИРОТ и используют традиционную технологию. Более того, стратегия (n_-, r_-) им выгодна для всех значений $R\&D_n$, $R\&D_r$, превышающих указанные верхние границы.

В строке 3 приведен вариант, для которого $R\&D_n = s_n - 10$, $R\&D_r = S_r$, а в строке 4 – величины инновационных затрат $R\&D_n = s_n$, $R\&D_r = S_r + 10$. Указанные издержки не превышают верхнюю границу для фирмы n и больше нижней границы для r . В этих случаях справедливо (21), фирмы выбирают стратегию (n_+, r_-) , которая выгодна каждой из них, так как обеспечивает выполнение условий (11). В данной области C инновационных затрат фирма n осуществляет ИРОТ и в дальнейшем использует новую технологию, а r отказывается от разработок и применяет прежний способ производства.

В строке 5 приведен вариант, для которого $R\&D_n = S_n$, $R\&D_r = s_r - 10$, а в строке 6 – величины инновационных затрат $R\&D_n = S_n + 10$, $R\&D_r = s_r$. Указанные издержки больше нижней границы для фирмы n и не превышают верхнюю границу для r . В этих случаях выполняются (22), фирмы выбирают стратегию (n_-, r_+) , которая выгодна каждой из них, так как обеспечивает выполнение условий (12). В данной области D инновационных затрат фирма n отказывается от разработок и применяет прежний способ производства, а r осуществляет ИРОТ и в дальнейшем использует новую технологию.

Таблица 1

№ п/п	$R \& D_n$	$R \& D_r$	NPV_n (n_+, r_+)	NPV_n (n_-, r_-)	NPV_n (n_+, r_-)	NPV_n (n_-, r_+)	NPV_n^c (n_+, r_+)	NPV_r (n_+, r_+)	NPV_r (n_-, r_-)	NPV_r (n_+, r_-)	NPV_r (n_-, r_+)	NPV_r^c (n_+, r_+)	Область равновесия
1	3568,31	3568,31	11332,32	16968,45	21477,35	11332,32	18095,67	11332,32	16968,45	11332,32	21477,35	18095,67	A
2	4767,75	4767,75	6785,51	16968,45	16930,54	11332,32	15822,27	6785,51	16968,45	11332,32	16930,54	15822,27	B
3	3558,31	4757,75	11370,23	16968,45	21515,26	11332,32	18114,63	6823,42	16968,45	11332,32	16968,45	15841,22	C
4	3568,31	4767,75	11332,32	16968,45	21477,35	11332,32	18095,67	6785,51	16968,45	11332,32	16930,54	15822,27	C
5	4757,75	3558,31	6823,42	16968,45	16968,45	11332,32	15841,22	11370,23	16968,45	11332,32	21515,26	18114,63	D
6	4767,75	3568,31	6785,51	16968,45	16930,54	11332,32	15822,27	11332,32	16968,45	11332,32	21477,35	18095,67	D
7	4757,75	4757,75	6823,42	16968,45	16968,45	11332,32	15841,22	6823,42	16968,45	11332,32	16968,45	15841,22	F
8	3568,32	4757,75	11332,28	16968,45	21477,31	11332,32	18095,65	6823,42	16968,45	11332,32	16968,45	15841,22	F
9	4757,75	3568,32	6823,42	16968,45	16968,45	11332,32	15841,22	11332,28	16968,45	11332,32	21477,31	18095,65	F
10	3568,32	3568,32	11332,28	16968,45	21477,31	11332,32	18095,65	11332,28	16968,45	11332,32	21477,31	18095,65	F

Таблица 2

№ п/п	$R \& D_n$	$R \& D_r$	NPV_n (n_+, r_+)	NPV_n (n_-, r_-)	NPV_n (n_+, r_-)	NPV_n (n_-, r_+)	NPV_n^c (n_+, r_+)	NPV_r (n_+, r_+)	NPV_r (n_-, r_-)	NPV_r (n_+, r_-)	NPV_r (n_-, r_+)	NPV_r^c (n_+, r_+)	Область равновесия
1	3568,31	3568,31	14439,70	19089,50	25852,86	12748,86	21203,05	456,49	9544,75	4472,24	13137,78	7219,85	C
2	4767,75	4767,75	9892,89	19089,50	21306,05	12748,86	18929,64	-4090,32	9544,75	4472,24	8590,97	4946,44	C
3	3558,31	4757,75	14477,60	19089,50	25890,76	12748,86	21222,00	-4052,41	9544,75	4472,24	8628,88	4965,40	C
4	3568,31	4767,75	14439,70	19089,50	25852,86	12748,86	21203,05	-4090,32	9544,75	4472,24	8590,97	4946,44	C
5	4757,75	3558,31	9930,79	19089,50	21343,95	12748,86	18948,60	494,40	9544,75	4472,24	13175,69	7238,80	F
6	4767,75	3568,31	9892,89	19089,50	21306,05	12748,86	18929,64	456,49	9544,75	4472,24	13137,78	7219,85	F
7	4757,75	4757,75	9930,79	19089,50	21343,95	12748,86	18948,60	-4052,41	9544,75	4472,24	8628,88	4965,40	C
8	3568,32	4757,75	14439,66	19089,50	25852,82	12748,86	21203,03	-4052,41	9544,75	4472,24	8628,88	4965,40	C
9	4757,75	3568,32	9930,79	19089,50	21343,95	12748,86	18948,60	456,46	9544,75	4472,24	13137,74	7219,83	F
10	3568,32	3568,32	14439,66	19089,50	25852,82	12748,86	21203,03	456,46	9544,75	4472,24	13137,74	7219,83	C

В строках 7–10 приведены варианты, для которых величины инновационных затрат $R\&D_n$, $R\&D_r$ соответствуют граничным точкам (S_n, S_r) , (s_n, S_r) , (S_n, s_r) , (s_n, s_r) прямоугольника F . В этих случаях одновременно выполняются условия (21), (22) и в силу соотношений (11), (12) доходов фирм равновесными являются взаимоисключающие стратегии (n_+, r_-) и (n_-, r_+) . Когда решением является стратегия независимых ИРОТ, фирмам выгодно сотрудничество в разработке новой технологии. Расчеты выполнены для $\delta_n = 0,5$, когда доли работ распределяются поровну. В силу (23) стратегия (n_+^c, r_+^c) дает предприятию n увеличение чистого дисконтированного дохода относительно варианта (n_+, r_+) на 9017,80 (132,16%), 6763,37 (59,68%), 9017,80 (132,16%), 6763,37 (59,68%) для затрат в строках 7–10. Эффекты сотрудничества для фирмы r , соответствующие этим же величинам инновационных затрат, равны 9017,80 (132,16%); 9017,80 (132,16%); 6763,37 (59,68%); 6763,37 (59,68%).

Приросты доходов от стратегии (n_+^c, r_+^c) относительно (n_-, r_+) для фирмы n из (25) положительны и составляют 4508,90 (39,79%); 6763,33 (59,68%); 4508,90 (39,79%); 6763,33 (59,68%). Приросты доходов от стратегии (n_+^c, r_+^c) относительно (n_+, r_-) для фирмы r в силу (26) также положительны и составляют 4508,90 (39,79%); 4508,90 (39,79%); 6763,33 (59,68%); 6763,33 (59,68%).

Для сравнения результатов конкуренции и сотрудничества с предыдущим случаем взята дуополия Штакельберга с теми же значениями $a, b, d, c_1, c_2, \tau, T$. В условиях лидерства игрока n прибыли конкурирующих фирм вычисляются по формулам (39), (40) и равны $\pi_n^*(c_1, c_2) = 900,00$; $\pi_n^*(c_1, c_1) = 2025,00$; $\pi_n^*(c_2, c_2) = 3600,00$; $\pi_n^*(c_2, c_1) = 5625,00$; $\pi_r^*(c_2, c_1) = 112,50$; $\pi_r^*(c_1, c_1) = 1012,50$; $\pi_r^*(c_2, c_2) = 1800,00$; $\pi_r^*(c_1, c_2) = 4050,00$. Приведенные величины изменений прибыли фирм n и r за один период $\Delta_{n1} = 1672,65$; $\Delta_{n2} = 2341,70$; $\Delta_{n3} = 3010,76$; $\Delta_{r1} = 1338,12$; $\Delta_{r2} = 1170,85$; $\Delta_{r3} = 3345,29$. Минимальная и максимальная пороговые величины, которые определяют изменение стратегии фирмы на противоположную, $s_n^{st} = 4014,35$; $S_n^{st} = 5352,47$; $s_r^{st} = 2508,97$; $S_r^{st} = 4516,14$. Выигрыши фирм для дуополии Штакельберга даны в табл. 2. Здесь в каждой строке взяты те же величины инновационных затрат $R\&D_n$, $R\&D_r$, что и в соответствующей строке табл. 1 для дуополии Курно. Они являются крайними или близкими к ним точками областей A, B, C, D, F .

Цель данного анализа состоит в том, чтобы определить влияние преимущества лидера Штакельберга в конкуренции перед последователем на товарном рынке на результаты конкуренции или сотрудничества на первом уровне выбора игроками консервативной или инновационной стратегии. Несмотря на одинаковые затраты на ИРОТ в каждом варианте, результаты игры верхнего уровня отличаются. Преимущества лидера в горизонтальной конкуренции на товарном рынке проявляются в изменении границ областей A, B, C, D, F . В дуополии Штакельберга эти границы удовлетворяют соотношению $(S_r^{st} - s_r^{st}) > (S_n^{st} - s_n^{st})$ в отличие от дуополии Курно, когда $s_n^c = s_r^c$, $S_n^c = S_r^c$. Кроме этого, величины границ лидера превышают соответствующие значения в условиях его отсутствия, т.е. $s_n^{st} > s_n^c$, $S_n^{st} > S_n^c$. В расчетах табл. 1 эти величины $s_n^c = 3568,31$; $S_n^c = 4757,75$; $s_r^c = 3568,31$; $S_r^c = 4757,75$.

Сравним изменение доходов фирм для каждого варианта затрат $R\&D_n$, $R\&D_r$ в случае, когда фирма n является лидером на товарном рынке, с результатами конкуренции при отсутствии преимущества игрока. Эти данные приведены в табл. 3. Конкурентное преимущество лидера проявляется в выгодном ему изменении областей равновесия в дуополии Штакельберга и вследствие этого стратегий фирм. Приведены выигрыши в случае независимых ИРОТ. При сотрудничестве результаты улучшаются. Увеличение дохода фирмы n значительно превышает отрицательный эффект для последователя r . Только в вариантах 5, 6, когда стратегии (n_-, r_+) в D изменяются на (n_+, r_+) в F , доходы фирмы r уменьшаются существенно больше, чем у лидера n .

Стратегии независимых ИРОТ фирмам выгодно заменить на разработку в сотрудничестве. При распределении $\delta_n = 0,5$ долей работ поровну стратегия (n_+^c, r_+^c) дает фирме n в области F увеличение чистого дисконтированного дохода относительно варианта (n_+, r_+) на 9017,80 (90,81%), 9036,76 (91,35%), 9017,80 (90,81%) для затрат в строках 5, 6, 9. Эффекты сотрудничества для фирмы r , соответствующие этим же величинам инновационных затрат, равны 6744,40 (1364,15%); 6763,35 (1481,58%); 6763,37 (1481,71%).

Другой вариант анализа конкуренции и сотрудничества в дуополии Штакельберга приведен в табл. 4. Как и в отрасли Курно, в нем взяты величины инновационных издержек в граничных или близким к ним точкам областей смены стратегий. Однако величины этих границ различны

Таблица 3

№ п/п	$R \& D_n$	$R \& D_r$	Область равновесия в дуополии Курно	Область равновесия в дуополии Штакельберга	Стратегии фирм в дуополии Курно	Стратегии фирм в дуополии Штакельберга	Доход фирмы n в дуополии Курно	Доход фирмы r в дуополии Курно	Доход фирмы n в дуополии Штакельберга	Доход фирмы r в дуополии Штакельберга	Увеличение дохода фирмы n , %	Увеличение дохода фирмы r , %
1	3568,31	3568,31	A	C	(n_+, r_+)	(n_+, r_-)	11332,32	11332,32	25852,86	4472,24	128,13	-60,54
2	4767,75	4767,75	B	C	(n_-, r_-)	(n_+, r_-)	16968,45	16968,45	21306,05	4472,24	25,56	-73,64
3	3558,31	4757,75	C	C	(n_+, r_-)	(n_+, r_-)	21515,26	11332,32	25890,76	4472,24	20,34	-60,54
4	3568,31	4767,75	C	C	(n_+, r_-)	(n_+, r_-)	21477,35	11332,32	25852,86	4472,24	20,37	-60,54
5	4757,75	3558,31	D	F	(n_-, r_+)	(n_+, r_+)	11332,32	21515,26	9930,79	494,40	-12,37	-97,70
6	4767,75	3568,31	D	F	(n_-, r_+)	(n_+, r_+)	11332,32	21477,35	9892,89	456,49	-12,70	-97,87
7	4757,75	4757,75	F	C	(n_+, r_+)	(n_+, r_-)	6823,42	6823,42	21343,95	4472,24	212,80	-34,46
8	3568,32	4757,75	F	C	(n_+, r_+)	(n_+, r_-)	11332,28	6823,42	14439,66	-4052,41	27,42	-159,39
9	4757,75	3568,32	F	F	(n_+, r_+)	(n_+, r_+)	6823,42	15841,22	9930,79	456,46	45,54	-97,12
10	3568,32	3568,32	F	C	(n_+, r_+)	(n_+, r_-)	11332,28	11332,28	25852,82	4472,24	128,13	-60,54

Таблица 4

№ п/п	$R \& D_n$	$R \& D_r$	$NPV_n^r(n_+, r_+)$	$NPV_n^r(n_-, r_-)$	$NPV_n^r(n_+, r_-)$	$NPV_n^r(n_-, r_+)$	$NPV_n^c(n_+, r_+)$	$NPV_n^c(n_-, r_-)$	$NPV_r^r(n_+, r_-)$	$NPV_r^r(n_-, r_+)$	$NPV_r^c(n_+, r_+)$	$NPV_r^c(n_-, r_-)$	Область равновесия
1	4014,35	2508,97	12748,86	19089,50	24162,02	12748,86	20357,63	4472,24	9544,75	4472,24	17153,52	9227,72	A
2	5362,47	4526,14	7638,44	19089,50	19051,59	12748,86	17802,42	-3174,44	9544,75	4472,24	9506,84	5404,38	B
3	4004,35	4516,14	12786,77	19089,50	24199,92	12748,86	20376,58	-3136,54	9544,75	4472,24	9544,75	5423,33	C
4	4014,35	4526,14	12748,86	19089,50	24162,02	12748,86	20357,63	-3174,44	9544,75	4472,24	9506,84	5404,38	C
5	5352,47	2498,97	7676,34	19089,50	19089,50	12748,86	17821,37	4510,14	9544,75	4472,24	17191,43	9246,67	D
6	5362,47	2508,97	7638,44	19089,50	19051,59	12748,86	17802,42	4472,24	9544,75	4472,24	17153,52	9227,72	D
7	5352,47	4516,14	7676,34	19089,50	19089,50	12748,86	17821,37	-3136,54	9544,75	4472,24	9544,75	5423,33	F
8	4014,36	4516,14	12748,82	19089,50	24161,98	12748,86	20357,61	-3136,54	9544,75	4472,24	9544,75	5423,33	F
9	5352,47	2508,98	7676,34	19089,50	19089,50	12748,86	17821,37	4472,20	9544,75	4472,24	17153,49	9227,70	F
10	4014,36	2508,98	12748,82	19089,50	24161,98	12748,86	20357,61	4472,20	9544,75	4472,24	17153,49	9227,70	F

при конкуренции с лидером и без него. В результате для рассмотренных вариантов затрат мы получаем в строках 1–10 табл. 1 и 4 одинаковые области выбора фирмами стратегий. Характерно, что допустимые затраты на ИРОТ, при которых в этих случаях фирмы выбирают стратегии, для лидера больше на 11,09–11,14%, а для последователя меньше на 5,34–42,39%, чем при конкуренции Курно.

В строках 1–6 табл. 4 для выгодных игрокам стратегий выигрыши фирмы n превышают эти величины при отсутствии ее лидерства на 12,48 – 12,50%, а для последователя r они меньше на 20,10–60,54% относительно случая отсутствия лидерства конкурента. В строках 7–10 табл. 4 инновационные затраты соответствуют граничным точкам прямоугольника F . Для распределения $\delta_n=0,5$ долей работ поровну стратегия сотрудничества (n_+^c, r_+^c) дает фирме n увеличение чистого дисконтированного дохода относительно варианта (n_+, r_+) на 10145,03 (132,16%); 7608,79 (59,68%); 10145,03 (132,16%); 7608,79 (59,68%) для затрат в строках 7–10. Эффекты сотрудничества для фирмы r равны 8559,87 (272,91%); 8559,87 (272,91%); 4755,50 (106,33%); 4755,50 (106,33%).

Приросты доходов от стратегии сотрудничества (n_+^c, r_+^c) относительно (n_+, r_+) для фирмы n положительны и составляют 5072,51 (39,79%); 7608,75 (59,68%); 5072,51 (39,79%); 7608,75 (59,68%). Приросты доходов от стратегии совместных исследований и разработок (n_+^c, r_+^c) относительно (n_+, r_-) для фирмы r также положительны и составляют 951,10 (21,27%); 951,10 (21,27%); 4755,46 (106,33%); 4755,46 (106,33%). Числовые примеры дуополий Курно и Штакельберга иллюстрируют результаты анализа конкуренции и сотрудничества при разработке технологических инноваций с помощью предложенного экономико-математического инструментария.

ВЫВОДЫ

1. Процесс конкуренции и сотрудничества при разработке технологических инноваций описывается двухуровневой системой игр. Фирмы, осуществив выбор между инновационными исследованиями и разработками или отказом от них, конкурируют на товарном рынке. В это время в производстве используется традиционная технология. После того как игроки реализуют эти стратегии, они выбирают объемы выпуска продукции и в случае завершения разработок применяют новую снижающую операционные производственные издержки технологию, а при отказе от инновационного развития производство происходит на основе старого способа.

2. В биматричной игре первого уровня выигрыши фирм определяются чистым дисконтированным доходом за все время жизни проекта модернизации. Его характеристиками являются затраты каждой фирмы на разработку новой технологии и величина снижения операционных производственных издержек, которую обеспечивает этот новый способ производства. Доходы игроков зависят от их стратегий – инновационной при осуществлении ИРОТ, сопровождаемыми затратами, и консервативной при отказе от нововведений с применением в дальнейшем старой технологии.

3. Определены условия равновесия по Нэшу инновационной или консервативной стратегии двух конкурирующих фирм. Соотношения между величинами интегрированных доходов игроков в зависимости от вариантов осуществления ИРОТ обеими фирмами, их отказом от ИРОТ или реализацией ИРОТ только одной из двух фирм определяют четыре группы ограничений на инновационные издержки. Выявлены минимальные и максимальные значения затрат на разработку новой технологии для каждой фирмы, которые обуславливают изменение ее стратегии на противоположную. Они определяются приведенными эффектами увеличения прибыли фирм от применения ими альтернативных стратегий. В координатах положительных значений инновационных затрат эти границы задают пять областей. В каждой из них игроки выбирают одну выгодную им стратегию.

В первой, для инновационных затрат, не превышающих нижнюю границу, каждая фирма самостоятельно проводит ИРОТ. В этом случае ее издержки за период времени не больше

приведенного увеличения прибыли при применении более эффективной технологии, когда конкурент также использует результаты нововведения.

Во второй, для инновационных затрат, превышающих верхнюю границу, обе фирмы отказываются от ИРОТ. В этом случае издержки каждой из них за период времени больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент использует в производстве старую технологию.

В третьей области инновационных затрат, не превышающих верхнюю границу для фирмы n и превышающих нижнюю границу для r , предприятие n самостоятельно проводит ИРОТ, а r отказывается от исследований и разработок. В этом случае затраты n за период времени не больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент использует прежнюю технологию. В то же время издержки r за период времени больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент также использует результаты нововведения.

В четвертом множестве инновационных затрат, превышающих нижнюю границу для фирмы n и не превышающих верхнюю границу для r , предприятие n отказывается от ИРОТ, а r самостоятельно проводит исследования и разработки. В этом случае затраты n за период времени больше приведенного увеличения прибыли в результате применения новой технологии, когда конкурент также использует более эффективный способ производства. При этом издержки r за это же время не больше приведенного увеличения прибыли при применении новой технологии, когда конкурент использует прежнюю технологию.

В пятой области каждой фирме выгодно осуществлять ИРОТ, только если конкурент не разрабатывает более эффективную технологию. Когда ни одна из фирм не отказывается от инновационного развития, им выгодно сотрудничество в ИРОТ, несмотря на конкуренцию на товарном рынке при реализации продукта нового способа производства.

4. Решения второго уровня управления связаны с выбором объемов производства продукции с помощью новой технологии в случае завершения ИРОТ, а при отказе от инновационного развития — при применении старой. В несимметричной отрасли без лидера изменяется равновесие Курно — Нэша, а при наличии такового происходит смена равновесия Курно — Штакельберга. Конкурентные преимущества лидера проявляются в том, что его минимальная и максимальная границы, определяющие переход от одной стратегии к другой, превышают соответствующие границы последователя. В случаях отраслей с лидером и без него прибыли фирм возрастают в определенном порядке чередования стратегий, обуславливающим наличие границ значений инновационных затрат, при которых происходит смена решений, и существование вследствие этого пяти областей выбора стратегий. Результаты конкуренции на втором уровне функционирования фирм проявляются в решениях биматричной игры первого уровня.

5. Выводы анализа конкуренции и сотрудничества в разработке снижающей издержки технологической инновации подтверждены на числовых примерах дуополий Курно и Штакельберга. Несмотря на одинаковые затраты на ИРОТ в обоих вариантах отраслей, результаты игры верхнего уровня отличаются. Преимущества лидера в горизонтальной конкуренции на товарном рынке проявляются в изменении границ областей выбора стратегий. Конкурентное преимущество лидера проявляется в выгодном ему изменении областей равновесия в дуополии Штакельберга и вследствие этого стратегий фирм в случае независимых ИРОТ. При сотрудничестве результаты улучшаются. Увеличение дохода фирмы n значительно превышает отрицательный эффект для последователя r . Стратегии независимых ИРОТ фирмам выгодно заменить на разработку в сотрудничестве.

В другом варианте анализа конкуренции и сотрудничества в дуополии Штакельберга, как и в отрасли Курно, взяты величины инновационных издержек в граничных или близких к ним точкам областей смены стратегий. Величины этих границ, однако, различны при конкуренции с лидером и без него. В результате для рассмотренных вариантов затрат мы получили одинаковые области выбора фирмами решений. Характерно, что допустимые затраты на ИРОТ для лидера больше, а для последователя меньше, чем при конкуренции 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. С. 49–64. 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. С. 31–48. М.: ЦЭМИ РАН.
- Дементьев В.Е.** (2008). Стратегия опережения в условиях олигопольной конкуренции на рынках новой продукции // *Теория и практика институциональных преобразований в России*. Вып. 10. С. 5–10. М.: ЦЭМИ РАН.
- Нейбафф Б., Бранденбургер А.** (2012). Конкурентное сотрудничество в бизнесе. М.: Кейс.
- Плещинский А.С., Жильцова Е.С.** (2013а). Анализ результатов модернизации производства в условиях олигопольной конкуренции инноватора и его преследователя // *Экономика и математические методы*. Т. 49. № 1. С. 88–105.
- Плещинский А.С., Жильцова Е.С.** (2013б). Вычислимая модель модернизируемой отрасли // *Экономика и математические методы*. Т. 49. № 3. С. 69–83.
- 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.
- Pavitt K.** (1984). Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory // *Research Policy*. No. 13. P. 343–373.
- Roketskiy N.** (2015). Competition and Networks of Collaboration. Chapter of Ph.D. Dissertation at NYU. [Электронный ресурс] Режим доступа: www.ucl.ac.uk, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: ноябрь 2016 г.).

Поступила в редакцию
23.09.2016 г.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Aghion P., Howitt P.** (1999). Endogenous Growth Theory. Massachusetts: MIT Press.
- Dementev V.E.** (2008). New Production Markets: Leapfrogging Strategy Under Oligopoly Competition. *Theory and Practice of Institutional Reforms in Russia* 10, 5–10. Moscow: Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Hay D., Morris D.** (1999). Industrial Economics and Organization. Saint Petersburg: Ekonomicheskaya shkola (in Russian).
- Nalebuff B., Brandenburger A.** (2012). Co-Opetition. Moscow: Keis (in Russian).
- Pavitt K.** (1984). Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. *Research Policy* 13, 343–373.
- Pleschinskiy A.S., Jiltsova E.S.** (2013b). Computable Model of Industry's Modernization. *Economics and Mathematical Methods* 49, 3, 69–83 (in Russian).
- Pleschinskiy A.S., Jiltsova E.S.** (2013a). Analysis of the Results of Manufacture's Modernization in Conditions of Oligopoly Competition of Innovator and Its Pursuer. *Economics and Mathematical Methods* 49, 1, 88–105 (in Russian).
- Porter M.** (2007). Competitive strategy. Moscow: Al'pina Biznes Buks (in Russian).
- Roketskiy N.** (2015). Competition and Networks of Collaboration. Chapter of Ph.D. Dissertation at NYU. Available at: www.ucl.ac.uk (accessed: November 2016).
- Tirole J.** (2000). The theory of Industrial Organization. Saint Petersburg: Ekonomicheskaya shkola (in Russian).

- Varshavsky L.E.** (2009). Modeling Evolution of Markets of High Technology Products with Long Lifecycle: A Study of the Market of Civil Aircraft. *Theory and Practice of Institutional Reforms in Russia* 14, 49–64. Moscow: Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Voronovitsky M.M.** (2009). Investments Aimed at the Diminishing of Production Costs under Oligopoly Competence. *Theory and Practice of Institutional Reforms in Russia* 14, 31–48. Moscow: Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences (in Russian).

Received 23.09.2016

ANALYSIS OF THE COMPETITION AND COOPERATION IN INDUSTRIES TECHNOLOGICAL INNOVATION DEVELOPMENT

A.S. Pleschinskiyⁱ

Abstract. The competition and cooperation when technological innovation developing is investigated by means of proposed economic-mathematical model. The analysis is based on a two-level system of games. At the first, higher, level firms compete at the market, carrying out researches and development, independently or in cooperation, or rejecting the innovations. The production is based on traditional technology. After the players take these medium or long-term strategies they implement the tactical decisions of the second level of management. Firms compete by selecting volume of new technological production in case of completing the innovation, else in the absence of innovative development they use the old mode of production. For innovative and conservative strategies of two competing firms the terms of Nash equilibrium are formulated. Identified the minimum and maximum values of the development costs of the new technology for each company that defines its strategies. These cost limits are determined by profit increase effects from them using the alternative strategies. They figure five areas in the positive values of innovative cost. In each area the players choose one profitable strategy. The efficiency of cooperation in the development of technological innovation on conditions of imperfect competition at the product market is proved. The results of competition and cooperation analysis in the development of reducing the cost of technological innovation are validated on numeric examples of Cournot and Stackelberg duopolies.

Keywords: competition, cooperation, technological innovation, cost reduction, bimatrix game, Cournot duopoly, Stackelberg duopoly.

JEL Classification: C71, C72, D43, D52, L13.

ⁱ **Andrei S. Pleschinskiy** — Doct. Sc. (Economic), Professor, Chief scientific researcher, Central Economics and Mathematical Institute RAS, Moscow, Russia; pleschin@cemi.rssi.ru.