

**«ГОРНОЕ ДЕЛО И ТЕХНОЛОГИИ»**

УДК 330.4

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ**

Дубина И.Н., Королева Д.Е. Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия  
E-mail: din@asu.ru

**AN APPLICATION OF GAME-THEORETIC METHODS AND MODELS FOR LICENSING OF A NEW OIL-PRODUCING TECHNOLOGY**

Dubina I.N., Koroleva D.E. Altai State University, Barnaul, Russia E-mail: din@asu.ru

Предложена теоретико-игровая модель для анализа отношений инноватора, предлагающего новую ресурсосберегающую технологию добычи нефти, и фирм, принимающих решение об ее освоении. Показаны возможности и механизмы оптимизации и обоснования решений участников, действующих на нефтяном рынке, относительно условий и параметров лицензионного контракта.

Для стимулирования фирм, предпринимателей и исследовательских центров вкладывать средства в инновационные проекты используются различные механизмы защиты прав на объекты интеллектуальной собственности, получаемые в результате инновационной деятельности. Передача прав на использование таких объектов другой фирме (продажа патента или ноу-хау) может оказаться для их владельца более привлекательным с коммерческой точки зрения, чем самостоятельное освоение и использование.

Проблема выбора оптимальных вариантов передачи прав на объекты интеллектуальной собственности, т.е. оптимальных схем лицензирования – одна из ключевых проблем развития креативно-инновационной экономики. Но, несмотря на важность проблемы и широкий спектр ситуаций и отношений, при которых возникает проблема лицензирования, схемы эффективных взаимоотношений лицензиара с лицензиатами до сих пор не найдено.

В данной работе мы представляем опыт использования теоретико-игрового подхода к разработке математической модели определения оптимальных параметров лицензионного контракта [1] и первую попытку ее применения на нефтяном рынке для лицензирования новой технологии добычи нефти.

Нефть и ее переработка являются базовым сектором российской экономики, а также важнейшим экспортным ресурсом страны. Энергетическая стратегия России до 2030 года устанавливает создание и освоение технологий и оборудования, обеспечивающих высокоэффективную разработку трудноизвлекаемых запасов нефти, и в первую очередь высоковязких нефтей (ВВН), в качестве приоритетного направления.

В настоящее время разработка месторождений ВВН ведется с использованием наземных парогенераторов, работающих на сжигании углеводородного топлива, и закачку пара по системе изолированных нагнетательных труб. Недостатками современных технологий теплового воздействия на пласты высоковязкой нефти являются существенные капитальные затраты на парогенерирующие установки, низкое качество нагнетаемого пара на забое скважины, сжигание части добытого углеводородного топлива для производства пара.

Применение электротехнического комплекса с забойными электротепловыми генераторами (ЭТГ) позволит повысить эффективность добычи ВВН, включающую коэффициент нефтеотдачи пласта, получить энерго- и ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии добычи ВВН.

С помощью теоретико-игровой модели [1] исследуются процессы взаимодействия инноватора-лицензиара (в роли которого выступает крупный российский минерально-сырьевой вуз), предлагающего новую ресурсосберегающую технологию добычи нефти с применением электротехнического комплекса с ЭТГ, и ряда нефтедобывающих компаний, принимающих решение об освоении такой технологии и приобретении соответствующей лицензии.

В модели приняты следующие допущения. Лицензиар выбирает число подписываемых лицензионных контрактов  $k$  ( $k \leq n$ ), т.е.  $k$  является одной из стратегических переменных инноватора. Лицензионный контракт определяет а) фиксированный платеж  $b \geq 0$ , б) роялти с объема продаж продукции  $r \geq 0$  и в) роялти с дохода  $s \geq 0$ . Если какой-либо вариант лицензионного вознаграждения не используется, его значение принимается равным нулю. Начальные значения  $b$ ,  $r$ ,  $s$  определяются инноватором, исходя из характеристик лицензируемой технологии (себестоимость производства единицы продукции  $c$ , снижение удельных затрат  $e$ , затраты на внедрение новой технологии  $t$ ) и характеристик рынка и предлагаются потенциальным лицензиатам. Величина этих параметров зависит от полезности технологии или других ноу-хау, предоставляемых потребителю по лицензии, т.е. от дополнительного дохода лицензиата за счет использования предмета лицензии в деловой практике. Конкуренция на рынке складывается преимущественно по схеме Курно (производственная конкуренция).

При таких предположениях базовая модель игры представляется как [1]:

$$\begin{cases} R_0 = \sum_{i=1}^k [sp(Q_T, \omega)q_i + rq_i + b] \rightarrow \max_{b,r,s,k}; \\ P_i = (1-s)q_i p(Q_T, \omega) - (c+r-e(\xi))q_i - b - t \rightarrow \max_{q_i}, \quad i = 1, \dots, k; \\ P_j = q_j (p(Q_T, \omega) - c) \rightarrow \max_{q_j}, \quad j = k+1, \dots, n; \end{cases}$$

где  $p(Q_T, \omega)$  – цена за единицу продукта, зависящая от суммарного объема предложения  $Q_T$  и случайных факторов («состояния природы»)  $\omega$ .

Зная характеристики предлагаемого изобретения ( $e$  и  $t$ ) и зависимости  $p(Q_T, \omega)$  можно решить данную игру аналитически или численно в зависимости от сложности функции  $p(Q_T, \omega)$ . С целью получения аналитического решения игры в качестве такой функции принято  $p(Q_T, \omega) = (p_m - aQ_T) \cdot (1+\omega)$ , где  $p_m$  – максимальная цена за единицу товара (потенциал рынка),  $a > 0$  – ценовая эластичность.

Однако, на нефтяном рынке закон спроса и предложения действует не так очевидно, как в идеальной модели Курно: цена на нефть зависит в большей степени не от предложения (объема добычи), а от неценовых факторов (политической ситуации, экономических кризисов и т.д.) [2]. Это является своего рода парадоксом «спроса-предложения» на нефтяном рынке (рис. 1).

Поэтому в качестве предварительной задачи применения данной модели необходимо определить, насколько сильно коэффициент ценовой эластичности влияет на значения оптимальных параметров лицензионного контракта.

Общий подход к решению игры представлен в [1] при очевидном предположении, что решение о заключении лицензионного контракта будет приниматься фирмой лишь при условии, что ее прибыль на конкурентном рынке после приобретения лицензии будет превышать ее прибыль, получаемую без лицензии. Аналитически определены оптимальные стратегии игроков (объемы добычи нефти по новой технологии  $q_i$  и объемы добычи с использованием «старой» технологии  $q_j$ ) и прибыли фирм-лицензиатов и фирм, производящих товар по старой технологии соответственно:

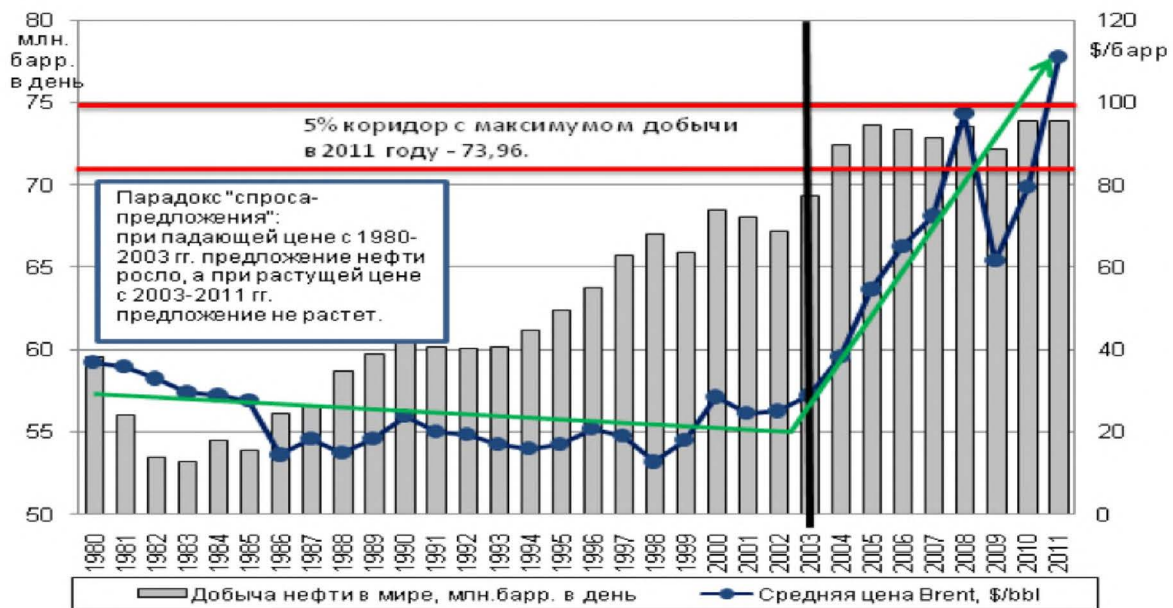


Рис. 1. Парадокс «спроса-предложения» [2]

$$P_i^* = \frac{(p_m(1-s) - c(1+s(n-k)) + (n-k+1)(e-r))^2}{a(1-s)(n+1)^2} - b - t, \quad i = 1, \dots, k$$

$$P_j^* = \frac{(p_m(1-s) - c(1-s(k+1)) - k(e-r))^2}{a(1-s)^2(n+1)^2}, \quad j = k+1, \dots, n$$

Доход лицензиара:

$$R_0 = \sum_{i=1}^k [spq_i + rq_i + b] \rightarrow \max_{b,r,s,k}$$

С формальной теоретико-игровой точки зрения, в рассматриваемой игре лицензиар, обладая «правом первого хода», должен выбирать такие значения  $s, r, b$ , которые, с одной стороны, должны показаться привлекательными потенциальным лицензиатам, а с другой стороны, будут максимизировать доход лицензиара  $R_0$ , который увеличивается с ростом каждого из этих параметров. Поэтому равновесие Штакельберга будет определяться такими значениями  $s, r, b$ , при которых  $P_i^*$  превышает  $P_j^*$  на сколь угодно малую величину. Однако, с практической точки зрения предложенный лицензиаром контракт с такими параметрами вряд ли заинтересует фирму, поскольку дополнительная прибыль, получаемая за счет использования новой технологии при таких условиях, будет ничтожна, а с учетом конъюнктурной и технической неопределенности использования новой технологии, эффект от ее использования может оказаться отрицательным. Поэтому равновесные (по Штакельбергу) значения параметров контракта в данной игре определяют скорее не оптимальный и компромиссный контракт, а границы «переговорного пространства». В данной игре такое пространство определяется в осях, соответствующих параметрам контракта (рис. 2).

Можно определить критические (предельные) значения параметров контракта  $s_m, r_m, b_m$  путем решения задачи максимизации дохода лицензиара при ограничении  $P_i^* = P_j^*$ . Эта задача решалась с помощью модуля «Поиск решения» программы Microsoft Excel. Найденные значения задают вершины области, соответствующей равновесию Штакельберга в рассматриваемой игре, а пространство, ограниченное этой областью сверху и точкой с координатами  $(s=0, r=0, b=0)$  снизу определяет переговорное множество между лицензиаром и потенциальными лицензиатами.

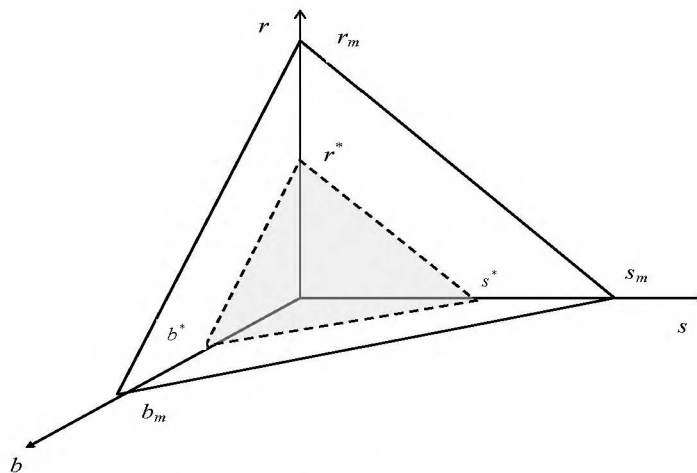


Рис. 2. «Переговорное пространство» игры

Решение, выводящее игроков на равновесие Штакельберга в данной игре, не является эффективным для лицензиата, поэтому соответствующий контракт вряд ли будет приниматься. Игроки будут вести переговоры о параметрах контракта в пределах указанного переговорного множества. Представляется целесообразным в качестве ориентира для принятия решения в этой ситуации выбрать такие значения параметров контракта  $s^*, r^*, b^*$ , при которых лицензиар и лицензиат будут делить дополнительную прибыль лицензиата  $P_i^* - P_j^*$  пополам. В этом случае игроки выходят на Парето-оптимум в том смысле, что отклонение от такого решения не может увеличить платежи одновременно лицензиара и лицензиата. Соответственно, множество оптимальных решений на рис. 1 представляется областью, определяемых  $s^*, r^*, b^*$ .

Значения  $s^*, r^*, b^*$  и  $k^*$  можно определить, решая задачу максимизации дохода лицензиара при ограничениях  $R_0 = P_i^* - P_j^*$  и  $1 \leq k \leq n$ . Технически такая задача решается с помощью модуля Excel «Поиск решения».

Предложенное решение, безусловно, не является единственным, поскольку для каждой конкретной ситуации параметры лицензионного контракта будут меняться в зависимости от эффективности лицензируемой технологии, характеристик рынка, возможных рисков, «рациональности» игроков и т.д., но это решение является ориентиром для переговоров сторон с позиций критериев устойчивости, эффективности и «справедливости».

Нами было рассмотрено 2 случая определения оптимальных параметров: когда число подписываемых лицензионных контрактов,  $k \leq n=5$  и когда предлагается эксклюзивный контракт одной фирме, т.е. когда  $k=1$ . Значения коэффициента эластичности  $a$  изменялись в довольно широком диапазоне (от  $1 \times 10^{-6}$  до  $1 \times 10^{-5}$ ).

На основании результатов вычислений получены выводы о предпочтительности тех или иных компонентов лицензионного вознаграждения для лицензиара и лицензиатов. В частности, при оптимальном контракте ненулевые значения имеют фиксированный платеж ( $b$ ) и роялти с дохода ( $s$ ), величина роялти с единицы продукции ( $r$ ) во всех случаях равна нулю. Оптимальные значения параметров эксклюзивного и не эксклюзивного лицензионного контрактов приведены на рис. 3.

На рынке с низким коэффициентом ценовой эластичности (что характерно для нефтяных рынков) необходима схема лицензирования: фиксированный платеж ( $b$ ) и роялти с дохода ( $s$ ). Такая схема обеспечивает наилучшие результаты с точки зрения лицензиара, лицензиата и покупателей продукта. Отчисления с единицы произведенной продукции ( $r$ ) в схему лицензирования включать не нужно. На рынке с высоким коэффициентом ценовой эластичности необходима схема лицензирования с выплатой только фиксированного платежа ( $b$ ). Обязательное использование в схеме лицензирования фиксированного платежа ( $b$ ) является для лицензиара своего рода гарантией получения результата от продажи лицензии. Использование роялти, в свою очередь, служит «страховым» механизмом для лицензиата от непредвиденного снижения цен.

В случае эксклюзивного контракта тенденция будет такой же, но лицензия будет стоить дороже (сумма выплачиваемых лицензиатом процентных отчислений от дохода лицензиару будет больше). Но при эксклюзивном контракте лицензиар получит меньшую сумму дохода, т.е. ему выгоднее предлагать лицензию всем фирмам, присутствующим на рынке. На цену единицы продукции при оптимальных стратегиях игроков изменение коэффициента ценовой эластичности практически не влияет.

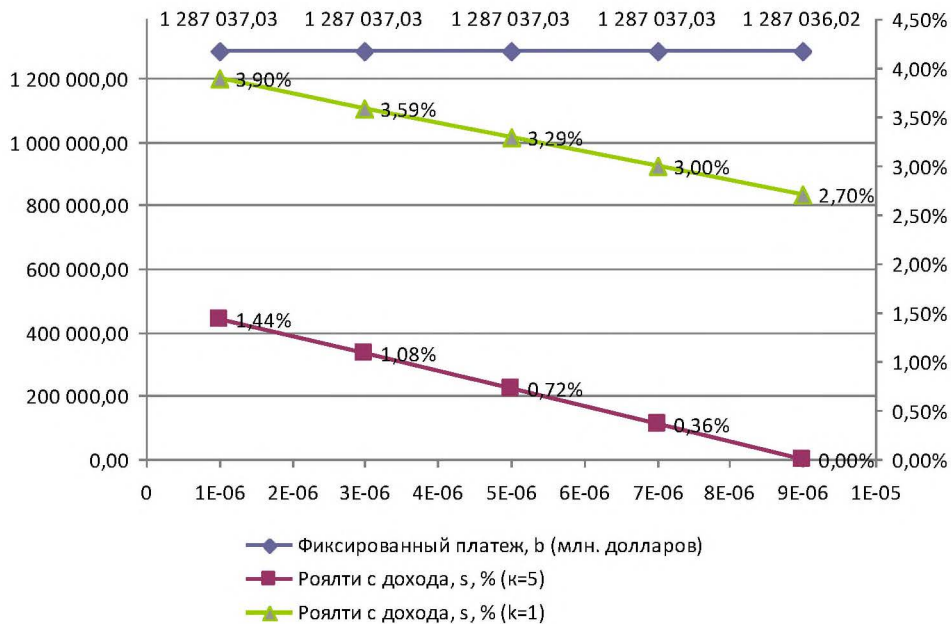


Рис. 3. Оптимальные значения параметров лицензионного контракта на рынках с разной ценовой эластичностью

Представленная в данной статье модель может служить основой для разработки механизмов обоснования решений лицензиара и потенциальных лицензиатов относительно условий сотрудничества и параметров лицензионного контракта. С помощью данной модели выявлена оптимальная схема лицензирования новой ресурсосберегающей технологии добычи нефти на рынке с низкой ценовой эластичностью.

**Список литературы**

1. Дубина И.Н. Теоретико-игровые модели организации креативно-инновационной деятельности. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013, 178 с.
2. Соколов А.Н. Прогноз цены на нефть до 2022 года // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 4 [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://ogbus.ru/authors/SokolovAN/SokolovAN\\_8.pdf](http://ogbus.ru/authors/SokolovAN/SokolovAN_8.pdf).