УДК 330.46

МОДЕЛИ НОВАТОРСКОЙ АКТИВНОСТИ ПЕРСОНАЛА И ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЕЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

И.Н. Дубина

Дан анализ проблемы моделирования новаторской активности персонала с учетом наблюдаемых и скрытых переменных. Разработаны теоретико-игровые модели, обеспечивающие оптимальные решения участников инновационной деятельности. Формализованы базовые ситуации отношений, возникающих при оценке, реализации и продвижении инновационных проектов. Проведено математическое моделирование выделенных ситуаций и найдены оптимальные стратегии участников.

Ключевые слова: новаторство, инновационная деятельность, стимулирование, венчурное инвестирование, оптимизационные модели.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о распределении результатов, получаемых от реализации новых идей и осуществления инновационных проектов, является основным при решении задач стимулирования новаторской активности персонала и разработке соглашений о разделении прибыли при венчурном инвестировании инновационных проектов между инициатором проекта (изобретателем, предпринимателем и др.) и инвестором (или менеджером). Решение таких задач может допускать или не допускать возможность переговоров. Но и в том, и в другом случае принятие решений сторонами может осуществляться на основе теоретико-игрового моделирования либо для нахождения ориентиров («реперных точек») для переговоров, либо для принятия окончательных решений.

Методология моделирования поведенческих характеристик субъектов иерархических организационных систем (в том числе при различных механизмах стимулирования) сформировалась в рамках теории иерархических игр (научный центр — ВЦ РАН) [1], теории активных систем и теории управления организационными системами (научный центр — Институт проблем управления РАН) [2—4]. На основе этой методологии разработан обширный комплекс математических моделей и методов организационного управления инновационной деятельностью компании [5].

Важную составляющую управления инновациями представляют собой разработка и внедрение эффективной системы стимулирования персонала, побуждающей его к новаторской деятельности. Математические модели многокритериального стимулирования, в которых деятельность сотрудника (агента) описывается несколькими показателями, значения которых определяют размер вознаграждения, выплачиваемого управляющим органом (центром), представлены в работах [4, 5]. В данной статье сделана попытка дальнейшего развития и — в большей степени — конкретизации этих моделей путем учета результатов исследований мотивации, стимулирования и результативности творческой деятельности. Предметная область для моделирования творческой активности персонала разработана в рамках организационной теории творчества (Т. Эмэбили, Гарвардская школа бизнеса) [6] и инвестиционной теории творчества (Р. Стернберг, Йельский университет) [7]. Выводы из этих теорий, в частности, позволяют сделать качественные предположения о характере влияния, прежде всего, уровня стимулирования на творческую активность, а также степени реализованности творческого потенциала на результативность творческого труда. В данной работе предложены модели таких зависимостей, на основе которых могут быть сформированы механизмы взаимодействия участников инновационной деятельности для обеспечения высокой активности и стимулирования новаторов («генераторов идей»).

1. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЕЕ ФОРМАЛИЗАЦИЯ

Предположим, что сотрудник предприятия (агент) предлагает руководству (центру) новую идею, направленную на более эффективное использование ресурсов, снижение себестоимости производства, повышение качества продукции, расширение производственных возможностей, создание новых или усовершенствование имеющихся продуктов, их более эффективное продвижение на рынке и т. п. Центр совместно с агентом или самостоятельно оценивает предложенную идею (экономический эффект, риски реализации, собственные затраты и затраты агента на осуществление проекта и др.). Затем центр принимает решение об уровне поощрения агента, которое может выражаться в виде добавки к заработной плате на время выполнения проекта и доли прибыли, передаваемой агенту. Эта информация может быть либо доведена до агента, который принимает решение о реализации проекта или отказе от него, либо агент принимает такое решение при отсутствии подобной информации.

Другой вариант этой задачи: частный предприниматель или изобретатель (агент) обращается в венчурный фонд или к частному инвестору с предложением проинвестировать инновационный проект, для реализации которого предлагается создание новой фирмы. Управляющий фонда (центра) рассматривает представленное бизнес-предложение или бизнес-план, в котором указаны предполагаемые результаты проекта и затраты сторон на его осуществление. В случае положительного результата экспертизы бизнес-предложения центр принимает решение о доле прибыли от проекта, передаваемой инициатору проекта (или о доле акций создаваемой фирмы). Получив информацию от центра, агент принимает решение о разработке проекта или отказе от него.

Пусть s — стратегия центра, определяющая долю его прибыли, передаваемую агенту; x — стратегия агента (осуществлять проект или нет), $x = \{0; 1\}$; $U(\xi)$ — доход, получаемый от проекта с учетом возможного риска ξ; Z — затраты центра на осуществление проекта, причем предполагается, что $Z < U(\xi)$; z — затраты агента на осуществление проекта, причем на практике обычно $z < Z$, что и дает возможность центру назначать стратегию s.

В данной модели венчурного инвестирования предполагается распределение именно прибыли инвестора («прибыль в обмен на идеи»), а не дохода от проекта, как в случае прямых инвестиций, когда инвесторы распределяют доход от проекта в зависимости от материального вклада каждого из них [8].

Допустим, что центр прямо не компенсирует агенту его затраты z, а стимулирует разработку новой идеи выбором стратегии s. Тогда задача центра определяется платежной функцией M_0:

$$M_0(s, x, U, \xi, Z) = (1 - s)(U(\xi) - Z)x \to \max_s, \quad (1)$$

а задача агента определяется его платежной функцией M_1:

$$M_1(s, x, U, \xi, Z, z) = s(U(\xi) - Z)x - zx \to \max_x. \quad (2)$$

2. МОДЕЛЬ НОВАТОРСКОЙ АКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ИНФОРМАЦИИ ОБ УРОВНЕ ПООЩРЕНИЯ

Вначале рассмотрим игру как статическую, что соответствует ситуации, когда игроки принимают решения, не зная о решениях друг друга (самостоятельное решение в условиях отсутствия информации) или не будучи уверены в действительности намерений друг друга (отсутствие доверия). Представим игру в нормальной форме в виде простейшей биматричной игры, где чистые стратегии центра $s = \{0; 1\}$ (не делить прибыль совсем или отдать всю), а чистые стратегии агента — $x = \{0; 1\}$ (работать или не работать над новой идеей[1]). В таком случае игра задается двумя платежными матрицами (матрица M_0 определяет платежи центра, M_1 — агента):

$$M_0 = \begin{pmatrix} 0 & U(\xi) - Z \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad M_1 = \begin{pmatrix} 0 & -z \\ 0 & U(\xi) - Z - z \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Игра разрешима по доминированию, поскольку первая стратегия центра слабо доминирует его вторую стратегию. Следовательно, игра имеет решение (равновесие по Нэшу) в чистых стратегиях ($s = 0$, $x = 0$), что очевидно не является эффективным решением задачи. Ситуация изменится, если центр предоставит постоянную величину φ в качестве стимулирующей или компенсационной вы-

---

[1] В данном случае предполагается, что игроки выбирают свои стратегии одновременно и независимо, что значительно упрощает исходную постановку задачи, приводя к «вырожденному» варианту иерархической игры. Тем не менее, рассмотрение этого случая приводит к ряду определенных выводов о поведении игроков при отсутствии обязывающих договоренностей (см. далее). Автор отдает себе отчет, что в таком варианте моделируемой ситуации терминология «центр — агент» не вполне корректна, поскольку обычно она используется для моделирования организационных систем на основе иерархических игр. Однако с учетом данного замечания автор считает возможным сохранить эту терминологию и для рассматриваемого «вырожденного» случая, чтобы не вводить дополнительные обозначения для игроков.

платы агенту за разработку проекта без разделения прибыли. В этом случае игра имеет вид:

$$M_0 = \begin{pmatrix} 0 & U(\xi) - Z - j \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \; M_1 = \begin{pmatrix} 0 & -z + \varphi \\ 0 & U(\xi) - Z - z \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Если $z < \varphi < U(\xi) — Z$, то игра имеет равновесие в доминантных стратегиях ($s = 0$, $x = 1$). Очевидно, что в этом случае задача центра заключается не в выборе s, а в назначении φ, большего z на сколь угодно малую величину ε (минимальное превышение прямых затрат агента[2]). Однако такое «техническое» решение вряд ли «будет работать», так как реально предприниматели заинтересованы скорее в *разделении* прибыли от реализации проекта, чем в *получении* некоторой фиксированной величины, лишь окупающей издержки по проекту. Как отмечается в работе [5], преимущество компенсаторных систем стимулирования заключается в их простоте, а недостаток — в неустойчивости относительно возможных возмущений параметров модели. Так, если центр неточно знает функцию затрат агента, то сколь угодно малая неточность может приводить к значительным изменениям реализуемых действий. Еще один недостаток компенсаторной системы стимулирования состоит в том, что она не побуждает агента к развитию. Подходы к решению этой проблемы описаны и обоснованы в работе [5].

Если центр осуществляет стимулирующую выплату φ независимо от x, то игра

$$M_0 = \begin{pmatrix} -\varphi & U(\xi) - Z - \varphi \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} \varphi & -z + \varphi \\ 0 & U(\xi) - Z - z \end{pmatrix} \quad (5)$$

имеет решение в смешанных стратегиях, которое отыскивается из условия равновесия Нэша:

$$\begin{cases} M_0(\alpha, \beta^*) \le M_0(\alpha^*, \beta^*), \\ M_1(\alpha^*, \beta) \le M_1(\alpha^*, \beta^*), \end{cases}$$

где α^* и β^* — оптимальные стратегии игроков, а α и β — их произвольные стратегии: $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2)$, $\beta = (\beta_1, \beta_2)$. Элементы α_1 и α_2 имеют смысл вероятности выбора чистых стратегий центром (первой и второй соответственно), элементы β_1 и β_2 — вероятности выбора чистых стратегий агентом. По определению смешанных стратегий $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$, $\beta_1 + \beta_2 = 1$.

Для решения игры в качестве α и β можно взять чистые стратегии игроков ($\alpha_1 = 1$, $\alpha_1 = 0$, $\beta_1 = 1$, $\beta_1 = 0$) и сравнить получаемые платежи игроков с их платежами в точке равновесия (α^*, β^*):

$$M_0(\alpha^*, \beta^*) = -\varphi\alpha_1^*\beta_1^* + (U - Z - \varphi)\alpha_1^*(1 - \beta_1^*),$$

$$M_1(\alpha^*, \beta^*) = \varphi\alpha_1^*\beta_1^* + (\varphi - z)\alpha_1^*(1 - \beta_1^*) +$$
$$+ (U - Z - z)(1 - \alpha_1^*)(1 - \beta_1^*).$$

В итоге решение игры (нахождение ситуации равновесия Нэша) обеспечивается решением системы (промежуточные вычисления опущены):

$$\begin{cases} (\alpha_1^* - 1)(\beta_1^*(Z - U) + U - Z - \varphi) \ge 0, \\ \alpha_1^*(\beta_1^*(Z - U) + U - Z - \varphi) \ge 0, \\ (\beta_1^* - 1)(\alpha_1^*(U - Z) - U + Z + z) \ge 0, \\ \beta_1^*(\alpha_1^*(U - Z) - U + Z + z) \ge 0. \end{cases} \quad (6)$$

Поскольку $\alpha_1^* \in [0, 1]$, возможны три случая: $\alpha_1^* = 1$, $\alpha_1^* = 0$ и $0 < \alpha_1^* < 1$, для которых из первых двух неравенств (6) получим:

$$\alpha_1^* = 1, \quad \beta_1^* \leqslant \frac{U - Z - \varphi}{U - Z};$$

$$\alpha_1^* = 0, \quad \beta_1^* \geqslant \frac{U - Z - \varphi}{U - Z};$$

$$0 < \alpha_1^* < 1, \quad \beta_1^* = \frac{U - Z - \varphi}{U - Z}.$$

Поскольку $\beta_1^* \in [0, 1]$ для второй пары неравенств получаем:

$$\beta_1^* = 1, \quad \alpha_1^* \leqslant \frac{U - Z - z}{U - Z};$$

$$\beta_1^* = 0, \quad \alpha_1^* \geqslant \frac{U - Z - z}{U - Z};$$

$$0 < \beta_1^* < 1, \quad \alpha_1^* = \frac{U - Z - z}{U - Z}.$$

Графическим решением системы (6) является точка с координатами $\alpha_1^* = \dfrac{U - Z - z}{U - Z}$ и $\beta_1^* = \dfrac{U - Z - \varphi}{U - Z}$, что и определяет решение игры (5). Отклонение любого из игроков от ситуации равновесия, если другой придерживается своей оптимальной стратегии, уменьшает платеж отклоняющегося.

Найденному решению в смешанных стратегиях довольно сложно дать содержательную практическую интерпретацию и конкретные управленческие рекомендации в контексте моделируемой ситуации (особенно для агента). Тем не менее, получен-

---

[2] Аналогичные результаты получены в книге [5] и более ранних работах авторов этой книги, в которых данный вывод получил название «принцип компенсации затрат», а величина ε — «мотивационной надбавки».

ные результаты позволяют сделать определенные выводы о поведении игроков при *отсутствии обязывающих договоренностей* о распределении прибыли от осуществления проекта.

- При отсутствии компенсационных или стимулирующих выплат ($\varphi = 0$) агент всегда будет придерживаться своей первой чистой стратегии (неучастие в проекте — отказ от реализации идеи). Таким образом, стимулирующая выплата всегда должна предусматриваться, т. е. новое предложение всегда должно поощряться, независимо от успешности его практического осуществления. С ростом размера выплаты вероятность выбора первой чистой стратегии агента уменьшается (он в большей степени склоняется к работе над проектом) и достигает нуля при предельном значении $\varphi = U - Z$: $\beta_1^* = 1 - \frac{\varphi}{U - Z}$.
- На решение агента влияет прогнозируемая доходность проекта $U(\xi)$ и инвестиции Z центра в проект (с ростом «включенности» центра в проект агент также в большей степени склоняется к осуществлению проекта), а также размер компенсационной (стимулирующей) выплаты φ.
- При отсутствии какого-либо вклада агента в проект или затрат на его осуществление ($z = 0$) центр всегда будет придерживаться своей первой чистой стратегии (неучастие в проекте — отказ от инвестирования). Центр тем в большей степени будет склоняться ко второй чистой стратегии (т. е. к увеличению доли прибыли, отчисляемой агенту), чем больше будут прямые затраты агента на осуществление проекта, т. е. вероятность выбора компенсирования затрат без разделения прибыли уменьшается и достигает нуля при предельном значении $z = U - Z$: $\alpha_1^* = 1 - \frac{z}{U - Z}$.
- На решение центра влияет прогнозируемая доходность проекта $U(\xi)$ и объем его инвестиций Z в проект, а также размер прямых затрат агента на осуществление проекта (с ростом «включенности» агента в проект центр также в большей степени склоняется к инвестированию проекта).

Расширение стратегического спектра центра (увеличение дискретизации спектра его стратегий), т. е. переход к биматричной игре ($m \times 2$) или к игре, в которой центр имеет непрерывную стратегию ($s \in [0; 1]$), принципиально не меняет решения. При отсутствии компенсационной выплаты центром агенту игра также будет разрешима по доминированию (первая чистая стратегия центра слабо доминирует все другие его стратегии), и игра по-прежнему имеет решение в чистых стратегиях: ($s = 0$, $x = 0$). Если центр назначает $\varphi > 0$ в качестве стимулирующей или компенсационной выплаты агенту за разработку проекта при условии неразделения прибыли ($s = 0$) и $\varphi = 0$ при любом $s > 0$, то в этом случае игра также разрешима через доминирование, так как для любого $\varphi > 0$ центр может выбрать стратегию минимального $s > 0$, которая доминирует все другие его чистые стратегии. Если при этом $z > 0$, всегда найдется s^*, при котором игра имеет решение в доминирующих стратегиях ($s = s^*$, $x = 0$).

Таким образом, в организационной системе, где отсутствует ясный и обязывающий обе стороны механизм распределения прибыли от осуществления новой идеи, новаторская деятельность невозможна, так как оба игрока будут стремиться к ситуации равновесия ($s = 0$, $x = 0$). Игровая ситуация имеет структуру прототипной игры «дилемма узников»: несмотря на теоретическое наличие ситуации (s^*, x^*), в которой оба игрока могут получить больший платеж, чем они получают в точке равновесия ($s = 0$, $x = 0$), ситуация (s^*, x^*) оказывается практически недостижимой, поскольку не является устойчивым равновесием.

Как известно, в «дилемме узников» игроки могут выйти на Парето-оптимальное решение либо через прямые переговоры, либо на основе многократного повторения игры с возможностью применения так называемой «жесткой стратегии» наказания игрока, отклонившегося от Парето-оптимума. В данной моделируемой ситуации выходом из сложившегося организационно-управленческого тупика служит либо переход к прямым переговорам о доли распределяемой прибыли, либо выстраивание отношений по типу иерархической игры.

3. МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИБЫЛИ ПРИ ОБЯЗЫВАЮЩИХ СОГЛАШЕНИЯХ

Предположим, что центр и агент ведут переговоры о доли прибыли, передаваемой агенту, которые закрепляются в виде соглашения, обязывающего стороны следовать достигнутым договоренностям. Очевидно, что предметом переговоров в этом случае становится значение s, а значение x принимается равным единице (т. е. предполагается, что агент передает новую идею центру и участвует в разработке проекта). Найдем значения s, определяющие «переговорное множество».

По-прежнему считаем, что стороны стремятся к максимизации своих платежных функций (1) и (2). При $x = 1$ должно выполняться условие положительной прибыли, получаемой каждым игроком:

$$\begin{cases} M_0(s, U, \xi, Z) = (1 - s)(U(\xi) - Z) > 0, \\ M_1(s, U, \xi, Z, z) = s(U(\xi) - Z) - z > 0. \end{cases}$$

Отсюда $\frac{z}{U - Z} < s < 1$. Очевидно, что центр стремится к уменьшению, а агент — к увеличению s. Более взвешенной верхней оценкой s является величина $s_{\max} = \dfrac{U-Z+z}{2(U-Z)}$, получаемая из условия «справедливого» распределения прибыли, когда $M_0 = M_1$. В этом случае при $z = 0$ (отсутствии каких либо затрат со стороны агента) $s_{\max} = 0{,}5$, т. е. прибыль в лучшем для агента случае делится поровну (принцип венчурного инвестирования «деньги за идею» («smart money»)). В итоге получаем пределы переговорного множества:

$$\frac{z}{U-Z} < s \leqslant \frac{U-Z+z}{2(U-Z)}.$$

В этом случае еще одним возможным ориентиром для компромисса (кроме упомянутого «справедливого дележа») может стать среднее арифметическое нижней и верхней оценок: $s^* = \dfrac{U-Z+3z}{4(U-Z)}$. Согласно этой модели, доля прибыли, передаваемой агенту, линейно возрастает с ростом его «материального» вклада в проект (его прямых затрат или размера софинансирования): $s^* = \dfrac{1}{4} + \dfrac{3}{4(U-Z)}z$, но даже при нулевых прямых затратах имеем $s^* = 0{,}25$, что соответствует вознаграждению за «чистую идею».

Например, при прогнозируемой доходности проекта $U_{\max} = 200$ ден. ед., вероятности осуществления проекта $p = 0{,}5$ (что соответствует риску его неосуществления $\xi = 1 - p = 0{,}5$ и доходу $U(\xi) = (1 - \xi)U_{\max}$) и затратах центра $Z = 20$ ден. ед., итоговая прибыль центра и агента зависит от прямых затрат агента, как представлено на рис. 1.

Эти результаты не противоречат реальной практике венчурного инвестирования. Венчурные фонды или частные инвесторы, ведя переговоры с инициатором проекта о доле акций совместно создаваемого венчурного предприятия, учитывают вклад инициатора в проект или созатрат на осуществление (помимо разработки самого проекта). Чем выше этот вклад, тем большая часть акций передается инициатору. При этом инвестор стремится оставить за собой контрольный пакет и, соответственно, возможность контролировать развитие создаваемого инновационного бизнеса, т. е. доходность собственных инвестиций [8]. Рост передаваемой доли чаще всего не обеспечивает рост прибыли, получаемой инициатором, так как инвестор стремится к достаточно большому превышению собственной прибыли над прибылью инициатора в качестве «платы за риск».

Как правило, инициатор проекта не располагает значительными средствами для осуществления проекта, поэтому доля его софинансирования в венчурных проектах значительно ниже доли инвестора ($z \ll Z$), поэтому в данной модели распределения прибыли *каждый* из игроков получает максимально возможной платеж как раз при нулевых затратах инициатора. Подобная стратегия оправдана и при выборе стимулирующего вознаграждения при разработке новых идей персоналом предприятия.

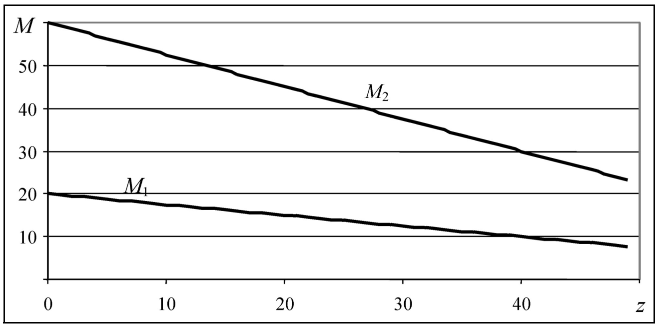

Рис. 1. Влияние прямых затрат z агента на прибыль M игроков (в денежных единицах)

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТОРОН В ВИДЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ИГРЫ

Иерархические игры, описывающие динамическое взаимодействие участников с неравноправным статусом, служат достаточно адекватными моделями для представления задач управления организационными системами вообще [1—5] и рассматриваемых ситуаций в частности. Взаимодействия участников могут быть очень сложными и определяются степенью и видом взаимоинформированности о поведении центра и агентов. В зависимости от отношений, складывающихся между центром и агентами, выделяют несколько классов иерархических игр [1, 3]. В рамках данной статьи рассмотрим игровые модели, в которых центр, не зная о стратегии агентов, сообщает им свою стратегию и следует этому сообщению, а агенты выбирают свою стратегию из условия максимизации своего выигрыша с учетом сделанного сообщения (игры[3] Γ_1).

В рамках моделируемой ситуации, когда стратегия агента ограничивается выбором $x = 0$ или $x = 1$, переход к иерархическим теоретико-игровым моделям не дает принципиально нового решения по сравнению с моделированием биматрич-

---

[3] В теории активных систем для моделирования трудовых отношений между работодателем и работником широко применяются и игры Γ_2 [2—5], в которых центр сообщает агенту о своих планах по выбору действия в зависимости от действия агента [3]. Но в этой статье из-за ее ограниченного объема игры такого вида не рассматриваются. Теоретико-игровые модели на основе игр вида Γ_2 будут представлены в следующем исследовании автора.

ной игрой. Легко обнаруживается, что в моделях (3) и (4), если рассматривать их как иерархические игры, существует единственное равновесие в чистых стратегиях ($s = 0$, $x = 0$), на которое будут выходить игроки.

При расширении спектра стратегий центра переход к иерархической игре изменяет решение. При $z < U - Z$ (что и предполагается при венчурном инвестировании) центр всегда может подобрать стратегию s^*, «вынуждающую» агента выбрать стратегию $x = 1$ и выводящую игроков в равновесие: $s^* = z/(U - Z) + \varepsilon$, где ε — сколь угодно малая положительная величина. Например, для $U(\xi) = 100$, $Z = 20$, $z = 5$ значение $s^* > 0{,}0625$.

Применение методов теории иерархических игр для принятия решений об оптимальной доле распределения прибыли может привести к более интересным результатам при расширении спектра стратегий агента. Рассмотрим следующую ситуацию. Сотрудник компании или предприниматель (агент) предлагает несколько вариантов новых идей (проектов) для реализации. По каждому проекту рассчитываются возможная доходность, риски осуществления, затраты центра (руководства компании или инвестора) и агента. Центр принимает решение о доли прибыли, отчисляемой агенту, который принимает решение о работе над одним из проектов.

В этом случае задача центра:

$$M_0(s, x_i, U_i, \xi_i, Z_i) = (1 - s)(U_i(\xi_i) - Z_i)x_i \to \max_s,$$

а задача агента:

$$M_1(s, x_i, U_i, \xi_i, Z_i, z_i) = s(U_i(\xi_i) - Z_i)x_i - z_i x_i \to \max_i.$$

Здесь s — стратегия центра, определяющая долю его прибыли, передаваемую Агенту; x_i — стратегия агента по осуществлению i-го проекта, $x_i = \{0; 1\}$ ($i = \overline{0, n}$), $x_0 = 0$ (отказ от любого из проектов); n — число проектов; $U_i(\xi_i)$ — доход, получаемый от i-го проекта с учетом возможного риска ξ_i; Z_i — затраты центра на осуществление i-го проекта; z_i — затраты агента на осуществление i-го проекта.

Решение данной игры легко находится при ее представлении в нормальной форме, например см. табл. 1 (решением данной иерархической игры является равновесие ($s = 0{,}3$, $i = 1$), а при выполнении гипотезы благожелательности [4]: ($s = 0{,}25$, $i = 1$)).

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ СТОРОН ИГРОЙ С НЕПРЕРЫВНЫМИ СТРАТЕГИЯМИ

Рассмотрим более общий случай моделирования взаимодействия центра и агента в виде иерархической игры с непрерывными стратегиями $s \in [0, 1]$, $x \in [0, 1]$. В данном случае x характеризует творческую активность агента (например, степень реализованности творческого потенциала). В каждой конкретной ситуации эта величина может интерпретироваться по-разному, в том числе рассматриваться через агрегированные параметры, например число предлагаемых новых идей.

Предположим, центр стимулирует новаторскую деятельность персонала (разработку и реализацию новых идей) путем передачи сотруднику-новатору (агенту) части дополнительной прибыли (превышение прибыли от «стандартной» работы, т. е. выполнения стандартных процедур, исполнения работы стандартными методами и т. д.): $s(U - U_0)$. Предполагается, что величина U зависит от творческой активности агента x, но и его затраты z (время и др.) также возрастают с ростом x.

Таблица 1

Игровая модель выбора инновационных проектов и распределения прибыли

i	0	1	2	3	4
$U_i(\xi_i)$	0	100	50	70	40
z_i	0	30	15	20	10
s	M_0				
0	0	70	35	50	30
0,05	0	66,5	33,25	47,5	28,5
0,1	0	63	31,5	45	27
0,15	0	59,5	29,75	42,5	25,5
0,2	0	56	28	40	24
0,25	0	52,5	26,25	37,5	22,5
0,3	0	49	24,5	35	21
0,35	0	45,5	22,75	32,5	19,5
0,4	0	42	21	30	18

i	0	1	2	3	4
$U_i(\xi_i)$	0	100	50	70	40
z_i	0	10	5	5	5
s	M_1				
0	0	−10	−5	−5	−5
0,05	0	−6,5	−3,25	−2,5	−3,5
0,1	0	−3	−1,5	0	−2
0,15	0	0,5	0,25	2,5	−0,5
0,2	0	4	2	5	1
0,25	0	7,5	3,75	7,5	2,5
0,3	0	11	5,5	10	4
0,35	0	14,5	7,25	12,5	5,5
0,4	0	18	9	15	7

Эта ситуация может быть формализована в виде иерархической игры:

$$\begin{cases} M_0(s, x, U, U_0) = (1-s)(U(x) - U_0) \to \max\limits_s, \\ M_1(s, x, U, U_0, z) = s(U(x) - U_0) - z(x) \to \max\limits_x. \end{cases}$$

Для решения данной игры необходимо задать функции $U(x)$ и $z(x)$. Известны результаты теоретических и эмпирических исследований [6, 7, 9], а также опыты проведения мозговых штурмов и применения других методов поиска новых идей [10], которые позволяют делать предположения о характере зависимости $U(x)$. Прежде всего, с ростом x результативность работы U (эффект от творческой деятельности) возрастает. Далее, эта зависимость нелинейная: при незначительной величине x эффект мал по сравнению с выполнением стандартных процедур, далее с ростом x наблюдается некоторое повышение эффективности (полезности, качества и т. д.) предлагаемых решений, затем наблюдается «прорыв» (предлагаются наиболее ценные и оригинальные решения), но дальнейший рост творческой активности (например, увеличение числа новых предложений) уже не обеспечивает заметного повышения результативности новых решений. Это универсальная тенденция, наблюдаемая как в производственных, так и организационно-управленческих системах. Наконец, данная зависимость определяется организационным климатом (организационно-управленческими, экономическими и психологическими условиями работы), а также подготовленностью персонала [9, 11].

Для анализа рассматриваемой ситуации предлагается следующая модель:

$$U = \frac{U_{\max}}{1 + \dfrac{U_{\max} - U_0}{U_0} e^{-ax}},$$

где $U_{\max}$ — максимально возможно достижимый результат (аналог ИКР (идеальный конечный результат) в теории решения изобретательских задач [10]); U_0 — результат, получаемый при выполнении стандартных процедур без вовлечения творческой активности ($x = 0$); a — параметр, характеризующий организационный климат в компании и квалификацию агента [9].

Предположим линейную зависимость затрат агента на осуществление творческой деятельности (реализацию креативного потенциала): $z(x) = z_0 + kx$, где z_0 — прямые затраты агента на выполнение стандартной трудовой операции (например, размер оплаты времени, затраченного на выполнение стандартной операции); k — параметр, характеризующий затраты агента на максимальную реализацию креативного потенциала (например, затраты времени на генерацию максимально возможного числа новых идей).

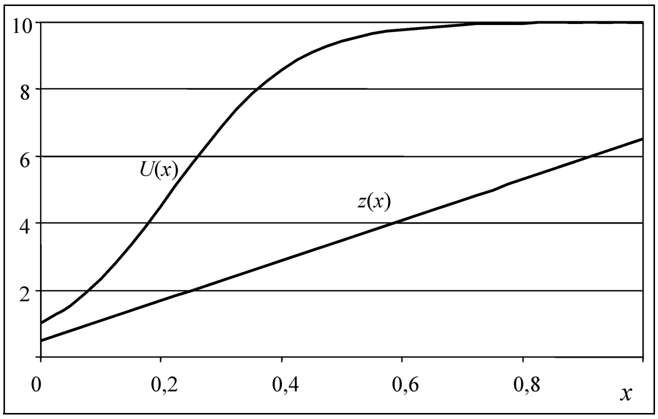

Рис. 2. Зависимости результативности *U* работы и затрат *z* агента от его творческой активности *x*

Тогда имеем следующую игру:

$$\begin{cases} M_0(s, x, U_{\max}, U_0, a) = \\ = (1-s)\left(\dfrac{U_{\max}}{1 + \dfrac{U_{\max} - U_0}{U_0} e^{-ax}} - U_0\right) \to \max\limits_s, \\ M_1(s, x, U_{\max}, U_0, a, k, z_0) = \\ = s\left(\dfrac{U_{\max}}{1 + \dfrac{U_{\max} - U_0}{U_0} e^{-ax}} - U_0\right) - kx - z_0 \to \max\limits_x. \end{cases} \quad (7)$$

На рис. 2 в качестве примера представлены зависимости $U(x)$ и $z(x)$ для $U_0 = 1$, $U_{\max} = 10$, $a = 10$, $z_0 = 0{,}5$, $k = 6$.

Точное аналитическое решение данной игры технически найти сложно, поэтому представим эту игру с указанными параметрами в нормальной форме (табл. 2). Равновесие в данной игре обеспечивается стратегиями $s = 0{,}4$ и $x = 0{,}4$.

Интерпретация стратегии центра очевидна, но практическая интерпретация стратегии агента вызывает сложности. Более понятным для выстраивания поведения агента будет «перевод» неизмеряемой переменной x^* в агрегированную «макропеременную» U^* (переход от латентной (скрытой) переменной, характеризующей творческую активность, к измеряемому параметру может быть осуществлен a priori посредством введенной зависимости $U(x)$):

$$U^* = \frac{10}{1 + \dfrac{10 - 1}{1} e^{-10 \cdot 0{,}4}} = 8{,}6.$$

Следовательно, для рассматриваемого примера центр должен устанавливать 40 %-е распределение

Таблица 2

Представление игры (7) в нормальной форме

s/x	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
0,00	3,51	5,91	7,58	8,43	8,78	8,92	8,97
0,10	3,16	5,32	6,83	7,59	7,90	8,03	8,07
0,20	2,81	4,72	6,07	6,74	7,03	7,13	7,18
0,30	2,46	4,13	5,31	5,90	6,15	6,24	6,28
0,40	2,11	3,54	4,55	5,06	5,27	5,35	5,38
0,50	1,75	2,95	3,79	4,21	4,39	4,46	4,48

s/x	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
0,00	−1,70	−2,30	−2,90	−3,50	−4,10	−4,70	−5,30
0,10	−1,35	−1,71	−2,14	−2,66	−3,22	−3,81	−4,40
0,20	−1,00	−1,12	−1,38	−1,81	−2,34	−2,92	−3,51
0,30	−0,65	−0,53	−0,62	−0,97	−1,47	−2,02	−2,61
0,40	−0,30	0,06	0,13	−0,13	−0,59	−1,13	−1,71
0,50	0,05	0,65	0,89	0,71	0,29	−0,24	−0,82

прибыли в качестве стимула, а агент должен стремиться к достижению $U = 8{,}6$ (т. е. 86 % от заданного значения $U_{\max}$). Для каждого конкретного случая данная игра может быть решена после идентификации параметров модели и представления ее в нормальной форме путем дискретизации спектра стратегий игроков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложен ряд теоретико-игровых моделей для анализа проблемы моделирования новаторской активности персонала и взаимодействия участников инновационной деятельности (инвестор и исполнитель инновационного проекта, владелец фирмы и работник, предлагающий новые решения, и др.) с учетом латентных переменных, характеризующих творческую активность, и их наблюдаемых эквивалентов. Введено понятие результативности творческого труда и обсуждены вопросы идентификации этой характеристики. Формализованы базовые ситуации отношений, возникающих при оценке, реализации и продвижении инновационных проектов, выполнено математическое моделирование выделенных ситуаций и найдены оптимальные стратегии участников, иллюстрируемые модельными расчетами. Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке механизма оценки решений, принимаемых участниками инновационной деятельности при различных вариантах отношений инвестора или руководства компании и частного предпринимателя или сотрудника фирмы, предлагающего новую идею.

В силу ограниченности объема журнальной публикации не представлены некоторые модели и результаты их применения к анализу рассматриваемой проблемы. В частности, здесь не представлен усложненный вариант игры (7), в котором учитывается, что с ростом числа идей для их генерации требуются все больше усилий как при индивидуальной, так и групповой работе. Не представлены также результаты имитационного моделирования, определяющие пределы устойчивости решений, т. е. чувствительность стратегий центра и агента к изменениям значений параметров модели (доходность проекта, затраты участников на его осуществление, подготовленность (квалификация) агента и др.). Данные результаты, возможно, будут представлены в отдельной публикации.

Развитие и продолжение данной работы автор видит, прежде всего, в моделировании взаимодействий участников на основе иерархических игр вида Γ_2, а также в переходе к более сложным моделям, учитывающим взаимодействие центра с несколькими агентами. Результаты, получаемые агентами, могут быть связанными с действиями всех участников.

Автор считает своим долгом выразить благодарность рецензенту журнала «Проблемы управления» за содержательные замечания и ценные рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гермейер Ю.Б.* Игры с непротивоположными интересами. — М.: Наука, 1976. — 327 с.
2. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Теория активных систем: состояние и перспективы. — М.: СИНТЕГ, 1999. — 128 с.
3. *Губко М.В., Новиков Д.А.* Теория игр в управлении организационными системами. — М.: СИНТЕГ, 2002. — 139 с.
4. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. — М.: МПСИ, 2005. — 584 с.
5. *Новиков Д.А., Иващенко А.А.* Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. — М.: КомКнига, 2006. — 332 с.
6. *Amabile T.M.* Creativity in Context: Update to the Social Psychology of Creativity. — Oxford, MA: Westview Press, 1996. — 317 p.
7. *Sternberg R.J., Lubart T.I.* Investing in creativity // American Psychologist. — 1996. — N 51. — P. 677—688.
8. *Мазерсил У.Д.* Эпоха бизнес-ангелов. Практика работы бизнес-ангельских сетей. — М.: Вершина, 2009. — 256 с.
9. *Дубина И.Н.* Управление творчеством персонала в условиях инновационной экономики: монография. — М.: Academia, 2009. — 376 с.
10. *Альтшуллер Г. С.* Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. — Новосибирск: Наука, 1986. — 209 с.
11. *Bharadwaj S., Menon A.* Making innovation happen in organizations: individual creativity mechanism, organizational creativity mechanism or both? // Journal of Product Innovation Management. — 2000. — Vol. 17, N 6. — P. 424—434.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Д.А. Новиковым.

Дубина Игорь Николаевич — канд. филос. наук, доцент,
Алтайский государственный университет,
☎(385-2) 24-65-58, ✉ din@asu.ru.