

# КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ НИОКР

**Орехов Виктор Дмитриевич**, к.т.н., директор научно-образовательного центра  
Место работы: Международный институт менеджмента ЛИНК, г. Жуковский  
[vorehov@yandex.ru](mailto:vorehov@yandex.ru)

**Лютова Татьяна Владимировна**, к.п.н, директор курса  
Место работы: Международный институт менеджмента ЛИНК, г. Жуковский  
[Tv-Lutova@mail.ru](mailto:Tv-Lutova@mail.ru)

**Панфилова Елена Анатольевна**, к.э.н. доцент  
Место работы: Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону  
[venize@mai.ru](mailto:venize@mai.ru)

## Аннотация

*В статье проведено комплексное исследование процессов интеллектуальной деятельности в сфере НИОКР и разработка предложений по повышению эффективности научной деятельности.*

*Исследование выполнено с использованием методологии системного анализа и когнитивного моделирования с использованием электронной системы поддержки решения (СППР) ИГЛА.*

*Выделены основные подсистемы системы труда R&D–специалистов, влияющие на эффективность ее деятельности. Итерационным методом с использованием опросов группы экспертов сформирована система наиболее важных и оцениваемых количественно концептов.*

*Выявлены проблемные факторы этой сферы, которые наиболее важно повышать для России: оплата труда, спрос на научные разработки, финансирование и обеспечение ресурсами, система поддержки НИОКР.*

*Построена когнитивная матрица данной слабоструктурированной системы. С помощью СППР показано, что матрица имеет высокий суммарный уровень консонанса (доверия) 72%. Система слабо влияет на группу ментальных факторов. Для согласованной работы системы высокое значение имеют такие узловые концепты, как спрос на научные разработки, система поддержки НИОКР в компании, инновационная культура бизнеса, обучение командной работе, самоконтроль.*

*Динамическое моделирование поведения системы под воздействием управляющего фактора «Переподготовка научных кадров» показало, что при его увеличении на 14% рост эффективности научной работы составляет 14%, а оплата труда на 11%, рост уровня образования на 21%. Невысоким темпом (~6%) растут организационные концепты и наиболее медленно концепты групповой работы.*

*Разработанная модель может использоваться в сфере управления научно-исследовательской деятельностью для повышения эффективности труда.*

*Работа может быть использована для концептуального моделирования в сфере экономики научного труда.*

**Ключевые слова:** НИОКР, наука, системный подход, эффективность труда, когнитивное моделирование, нечёткая когнитивная матрица.

## **COGNITIVE MODELING OF LABOR ACTIVITY PROCESSES IN R&D**

**Orekhov Viktor D.,**

PhD, Director of Scientific-Educational Center

Work place: International Institute of Management LINK, Russia, Zhukovsky

[vorehov@yandex.ru](mailto:vorehov@yandex.ru)

**Lyutova Tatiana V.**

PhD, Director of Scientific-Educational Center

Work place: International Institute of Management LINK, Russia, Zhukovsky

[tv-Lutova@mail.ru](mailto:tv-Lutova@mail.ru)

**Panfilova Elena A.,**

Ph.D. assistant professor

Work place: Rostov State Economic University (RINH), Russia, Rostov-on-Don

[venize@mai.ru](mailto:venize@mai.ru)

### **Abstract**

*In this paper, a comprehensive study of the processes of intellectual activity in the field of R & D and the development of proposals to improve the effectiveness of scientific activity.*

*The study was performed using the system analysis methodology and cognitive modeling using the electronic decision support system (DSS) of the NEEDLE*

*The main subsystems of the labor system of R&D – specialists, affecting the efficiency of its activities, are identified. An iterative method using surveys of an expert group formed a system of the most important and quantitatively evaluated concepts.*

*Identified the problematic factors in this area that are most important to increase for Russia: wages, the demand for scientific research, financing and provision of resources, the R&D support system.*

*The cognitive matrix of this weakly structured system is constructed. With the help of DSS, it is shown that the matrix has a high total level of consonance (confidence) of 72%. The system has little effect on the group of mental factors. For coordinated work of the system, such key concepts as the demand for scientific research, the R & D support system in the company, innovative business culture, teamwork training, and self-control are of high importance.*

*Dynamic modeling of the system behavior under the influence of the controlling factor “Retraining of Scientific Personnel” showed that with its increase by 14%, the increase in the effectiveness of scientific work is 14%, and the salary by 11%, the growth of education level by 21%. At a low rate (~ 6%), organizational concepts and the slowest concepts of group work are growing.*

*The developed model can be used in the management of research activities to improve labor efficiency. The work can be used for conceptual modeling in the field of economics of scientific labor.*

**Keywords:** *R&D, science, system approach, labor efficiency, cognitive modeling, fuzzy cognitive matrix.*

Деятельность в области НИОКР (R&D) объединяет в себе комплекс экономических, социальных, когнитивных, образовательных и производственных факторов, системно взаимодействующих и развивающихся в соответствии с происходящими в обществе процессами.

XX века ознаменовался тем, что человечество, как система, стало претерпевать быстротекущие переходные процессы. Вначале быстро стала увеличиваться доля человеческого капитала (ЧК) в мировом богатстве, а вслед за этим начался процесс демографического перехода, заключающийся в том, что стала уменьшаться скорость роста числа людей (рис. 1), причем ожидается, что она станет нулевой и максимальная численность людей составит около 11 млрд человек [Капица, 2012].

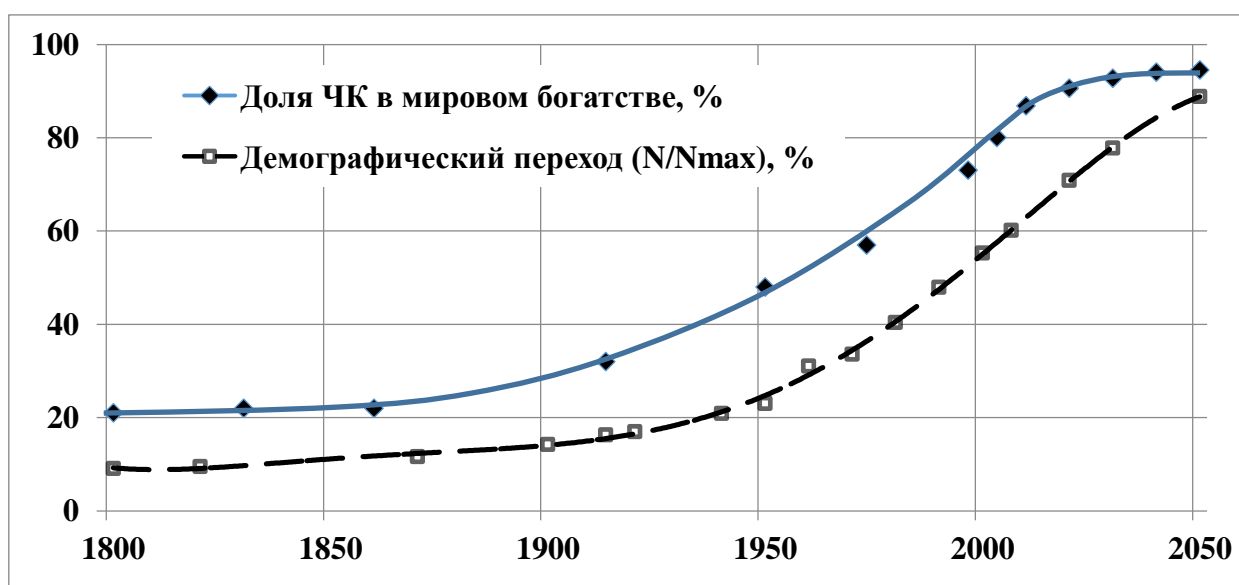


Рис. 1. Доля ЧК в мировом богатстве и демографический переход, %

Рост доли ЧК во многом стал результатом того, что наука в XVIII веке, кроме выполнения познавательной функции, стала превращаться в основу практической деятельности людей. В результате быстрого роста производительности труда произошли изменения в социальной роли женщин, для которых более предпочтительным стал труд на производстве [Орехов, 2015], а не в домашнем хозяйстве в роли многодетной матери. Соответственно, стала уменьшаться рождаемость и стартовал процесс демографического перехода (ПДП).

До демографического перехода основными факторами, характеризующими развитие человечества, были рост его численности (N) и объема знаний (Z), которые изменялись взаимосвязано ( $Z \sim N^{1.25}$ ). При этом ВВП на душу населения пропорционален объему знаний человечества [Орехов, 2015]. При переходе в режим ПДП темп роста численности человечества монотонно уменьшается, соответственно падает темп роста знаний человечества и скорость роста ВВП на душу населения. Именно этот эффект хорошо заметен в развитых странах и он является системным. В пределе темп роста ВВП и, соответственно, благосостояния граждан также будет уменьшаться, не исключено, что до нулевого уровня. И несмотря на то, что в развитых странах уровень жизни очень высок по сравнению с развивающимися и тем более беднейшими странами Африки, где около миллиарда людей живет на 1 доллар в день, но и здесь общество не готово к прекращению роста благосостояния. Достаточно обратить внимание на демонстрации желтых жилетов в одной из наиболее благополучных стран – Франции. Каков же выход, как перейти от экстенсивных методов повышения общественной производительности к интенсивным?

И опять мы обращаем внимание на науку. Как сделать ее более эффективной? Много лет назад Фредерик Жолио-Кюри сказал: «Может быть, мы обязаны науке больше, чем какому-либо другому виду человеческой деятельности, возникновением чувства необходимости коллективных усилий». А по мнению Анри Пуанкаре: «Наука является коллективным творчеством и не

может быть ничем иным; она как монументальное сооружение, строить которое нужно века, и где каждый должен принести камень, а этот камень часто стоит ему целой жизни» [Пуанкаре, 1990]. Может быть, именно в этих словах великих ученых заключается секрет повышения эффективности научной деятельности?

Нужно отметить, что собственно наука без «приводных ремней» в виде специалистов, имеющих высшее (третичное) образование, мало что могла бы сделать. А темп роста числа этих специалистов в последнем столетии был не просто вдохновляющим, а экспоненциальным (рис. 2) [Schofer, 2006]. Однако, как любой экспоненте ему не уйти от судьбы логистической кривой и опять встанет вопрос, не сможет ли наука возобновить рост производительности труда в этом случае, или в оценочном измерении, ВВП на душу населения.

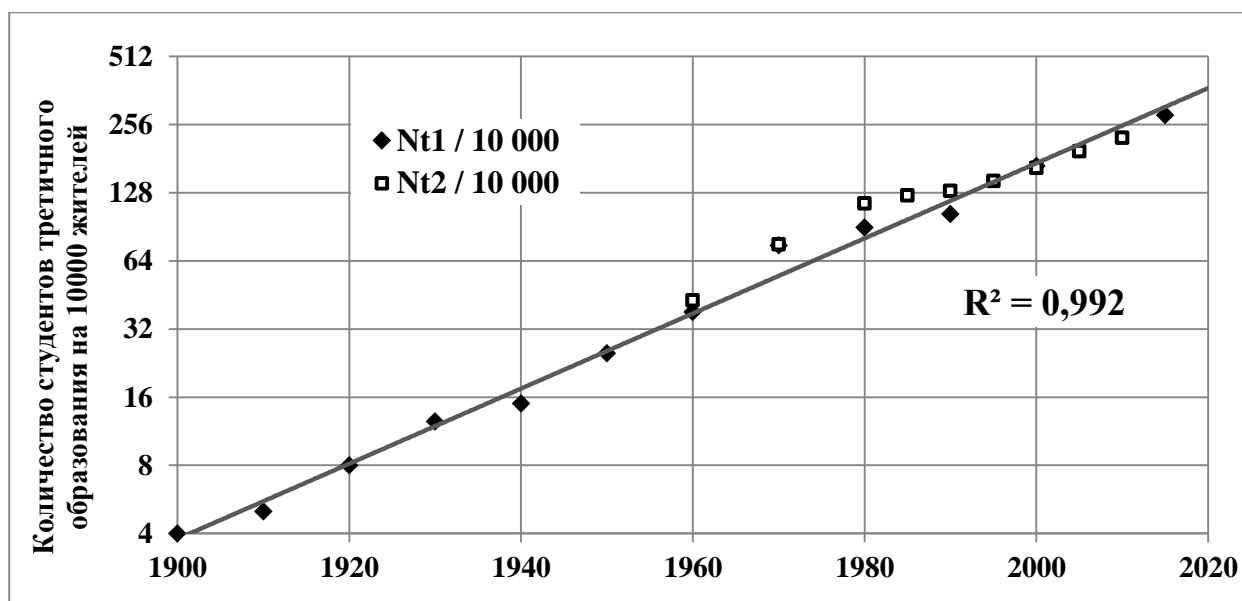


Рис. 2. Количество студентов третичного образования на 10 тыс. жителей

Приведенные факты и далеко не только они дают основания считать, что роль науки будет возрастать ускоряющимися темпами. В данной работе, с учетом снижающихся возможностей опережающими темпами финансировать науку, рассмотрены факторы, позволяющие системно увеличить эффективность научного труда.

Для движения по данному пути было несколько обнадеживающих идей. Первая из них, это выявленная в работе [Barro, 2001] экспоненциальная

зависимость ВВП по ППС на душу населения ( $J$ ) различных стран от накопленного числа лет образования населения ( $E$ ). Ее можно представить в виде (1), где в международных долларах 2017 года коэффициент  $K_E = 438$ .

$$J = K_E 10^{E/5}. \quad (1)$$

Как оказалось, аналогичный вид имеет и величина вклада специалистов различной квалификации в ВВП страны. Данный результат был получен в работе [Орехов, 2015] на основе анализа вклада в ВВП по ППС крупнейших мировых экономик четырех различных групп специалистов. В этом случае коэффициент  $K_E = 138$  в международных долларах 2017 г. Важно, что формула (1), которую образно можно назвать «образовательная экспонента», корректно работает и применительно к научным работникам, если считать, что их длительность обучения примерно на 5 лет больше, чем при получении высшего образования. Однако согласно формуле (1) их вклад в ВВП на порядок превышает уровень специалиста с высшим образованием.

Пока не до конца понятны причины столь мощного эффекта от роста образовательного уровня, но перспективы его использования вдохновляют на поиск. Также возникает гипотеза, что работа группы специалистов при их согласованной работе, в принципе, может также подчиняться образовательной экспоненте. В этом случае выигрыш уже может быть многократным. Вместе с тем, в работе Р.М. Белбина [Belbin, 2004] показано, что специалисты высшей квалификации, в частности научные работники, весьма не согласовано работают в группах и противодействуют организационным усилиям. Вместе с тем, Р.М. Белбин опробовал и способы организации согласованной работы научных команд.

Еще одна идея связана с возможностями повышения эффективности научной деятельности за счет использования специальных подходов к интеллектуальной деятельности, в частности путем использования «критического мышления». Эта методика весьма популярна в зарубежных образовательных программах, например, она применяется в технологии

преподавания курса «Менеджмент в действии» The Open University, который ведет в России Международный институт менеджмента ЛИНК.

Для изучения столь комплексной задачи, количество факторов, потенциально включенных в сферу которой составляет более 30, в работе применяется метод когнитивного моделирования [Kosko, 1986; Isaev, 2017].

*Целью данной работы является комплексное исследование процессов интеллектуальной деятельности в сфере НИОКР на основе системного и когнитивного моделирования и разработка предложений по повышению эффективности научной деятельности.*

## **1. Методика исследования**

Для комплексного изучения процессов интеллектуальной трудовой деятельности применяются две основных методологии: системный анализ [Спицнадель, 2000] и когнитивное моделирование [Axelrod, 1976; Kosko, 1986]. В ходе исследования осуществлялись следующие действия, соответствующие функциям системного анализа:

- Определение системы и основных ее подсистем.
- Анализ функций системы в надсистеме и результата ее действия.
- Выделение основных концептов системы и их наименований.
- Определение связей между концептами и ранжирование их силы.

Методология когнитивного моделирования, по сути, является продолжением системного анализа и синтеза в сфере качественно-количественного изучения. Мышлению человека свойственно решение задач нечеткой логики, которое не претендует на высокую точность, но позволяет ранжировать изучаемые факторы и тем самым приносить в качественный анализ элементы количественного. Однако, как мы знаем, такой метод исследования позволяет осуществлять сложнейшие виды деятельности и является значительно более универсальным, чем чисто количественные методы решений. В рамках когнитивного моделирования исследуемой системы решались следующие задачи:

- Построение цифровой модели исследуемой нечеткой системы.

- Анализ модели с помощью системы поддержки принятия решений.
- Визуализация структуры и проверка целостности системы.
- Формирование системы управляющих факторов.
- Моделирование реакции системы на управленческие импульсы.
- Выявление оптимальной программы управления системой.

Построение цифровой модели исследуемой сложной нечеткой системы осуществлялось на основе мнений экспертов о ее структуре. Далее сформированная матрица (Fuzzy Cognitive Map – FCM) обрабатывалась с помощью системы поддержки принятия решений – СППР ИГЛА [Podvesovskii, 2009; Isaev, 2017].

На этапе формирования системы концептов производился опрос экспертов, компетентных в отношении различных аспектов научной деятельности и вопросов повышения эффективности интеллектуального труда.

## **2. Построение системы концептов**

Предмет исследования, в соответствии с целью работы, был определен, как система интеллектуальной деятельности в сфере НИОКР (R&D). Это и определяло систему концептов, формирующих данную область деятельности. В качестве системы более высокого уровня, а которой выполняет полезные функции данная система, рассматривалась социально-экономическая система России.

Основным целевым концептом в данной работе является «Эффективность научной деятельности». Корректное определение данного показателя является весьма сложным, поскольку имеется большое количество различных внешних эффектов от НИОКР деятельности. По сути, она нацелена на развитие всего общества, научного сообщества и системы знания, поэтому выделить результаты научной работы можно только на уровне вклада в производительные способности (ВВП) страны. В работе [Орехов, 2015] реализована методика определения вклада в ВВП различных стран научных работников и показано, что она принципиально описывается формулой (1). При этом пользователями внешних эффектов являются инновационные компании,



производители инновационных продуктов, их потребители и поставщики, сбытовые сети, последователи, получатели налогов. Отметим, что использование, в качестве показателей уровня научной работы, количества публикаций или защит ученых степеней в данной постановке является принципиально некорректным.

В качестве знаниевой базы для построения системы концептов использовалась группа экспертов, компетентных в данной сфере деятельности (более 15). Вся система, прежде всего, была разделена на четыре подсистемы и в ней были выделены соответствующие группы концептов (от 7 до 9 в группе) и проведена оценка уровня значимости каждого из них (математическое ожидание – М). Кратко рассмотрим основные из этих концептов.

Как следует из формулы (1) уровень образования является наиболее важным показателем, системно воздействующим на эффективность научного труда, хотя он создает лишь потенциальную возможность и ее еще нужно адекватно реализовать.

Поскольку данная работа относится к ментальной деятельности, то становится важным вопрос заблуждений сознания или ментальных ловушек. Существует масса причин, по которым у людей появляются заблуждения, в том числе, стереотипы, архаичные теории, неправильная трактовка статистически незначимых событий, перенос на общее свойств частного, ложная трактовка причинно-следственных связей [Макконелл, 2006] и др. Сами собой эти заблуждения не исчезают и для их устранения требуется использовать специальные методы мышления: рефлексивное мышление, критическое мышление, групповое выявление неточных суждений и т.д.

Под критическим мышлением (*critical thinking*) подразумевается – обоснованный, взвешенный подход к оценке ситуаций и проблем, принятию решений о ценностях и действиях [Temple, 2007]. Критическое мышление начинается с анализа проблем, которые следует решить, базируется на критическом анализе фактов, оттачивает решения в ходе обсуждения с коллегами и стремится к доказательной аргументации решений.

Важным фактором является интеллектуальный уровень работников, который может характеризоваться коэффициентом IQ. Но этот показатель характеризует только потенциал специалиста и не является гарантией высоких научных достижений. Другой важный показатель связан с наличием у работников самоконтроля или воли, которые обеспечивают целеустремленную работу и позволяют реализовать наличный интеллектуальный уровень [Барабанов, 2015].

Одним из наиболее важных показателей по оценкам экспертов является система поддержки НИОКР в компании, однако в российских компаниях данная функция осуществляется достаточно слабо. К важнейшим концептам относится также спрос на научные разработки. В современных условиях формирование спроса во многом зависит от глобализационных процессов. Продукты, которые могут выходить на глобальные рынки дают их разработчикам призовую окупаемость и позволяют инвестировать доходы в создание следующих высоко конкурентных разработок. Разработки же, которые обеспечивают потребности только одной страны, с большим трудом окупаются и не дают возможности для быстрого развития.

Изучение результатов первичного опроса, а также анализ возможностей измерения величины концептов, дали основания для переработки системы. При этом из 31 концепта убрано около половины и несколько было добавлено. В результате был сформирован второй список из 22 концептов и повторно был проведен опрос, в котором были определены математические ожидания уровня важности факторов в глобальном масштабе ( $M_W$ ) и их уровень для России ( $M_R$ ). При этом использовалась 10-балльная шкала оценки. Результаты опроса приведены в таблице 1 [Shinkareva, 2018]. Там же даны значения стандартного отклонения факторов ( $S_W$  и  $S_R$ , соответственно).

По результатам опроса видно, что уровень факторов для России значительно ниже, чем их всемирная важность. Из факторов, которые наиболее важно повышать в России, выделяются: оплата труда (4,0), спрос на научные разработки (4,6), финансирование и обеспечение ресурсами (4,6), система

поддержки НИОКР в компании (4,9). Большая часть из этих факторов относится факторам внешнего воздействия.

Таблица 1. Уровень важности концептов

	№	Концепты	M <sub>W</sub>	M <sub>R</sub>	M <sub>W</sub> – M <sub>R</sub>	S <sub>W</sub>	S <sub>R</sub>
Измеримые концепты	1	Уровень образования	8,3	7,4	0,9	0,5	0,8
	2	Интеллектуальный уровень (IQ)	7,7	7,1	0,6	2,2	1,4
	3	Коммуникативные навыки, связи	7,2	6,0	0,8	1,5	2,2
	4	Знание иностранных языков	7,0	5,0	2,0	1,5	1,8
	5	Эффективность научной работы		5,8			1,1
	6	Оплата труда	7,3	<b>4,0</b>	<b>3,3</b>	2,2	1,2
	7	Компьютерная поддержка	8,2	6,3	1,9	1,0	1,3
Ментальные концепты	8	Самоконтроль, воля	8,1	6,0	2,1	1,8	1,8
	9	Обучение критическому мышлению	7,6	5,5	2,1	1,3	1,8
	10	Обучение новым знаниям и навыкам	7,3	6,1	1,2	1,3	1,4
	11	Инновационные методы мышления	7,4	5,6	1,8	1,2	1,5
	12	Умение выявлять и решать проблемы	7,7	5,5	2,2	1,6	1,1
	13	Умение мыслить системно	8,0	6,0	2,0	1,3	1,1
Внешнее воздействие	14	Финансирование и обеспечение ресурсами	8,2	<b>4,6</b>	<b>3,6</b>	0,8	1,3
	15	Спрос на научные разработки	8,4	<b>4,6</b>	<b>3,8</b>	0,9	1,4
	16	Стратегические программы развития	8,0	5,6	2,4	1,7	1,5
	17	Система поддержки НИОКР в компании	8,7	<b>4,9</b>	<b>3,8</b>	0,9	1,1
	18	Инновационная культура бизнеса	7,0	4,9	2,1	1,6	1,5
Групповая работа	19	Согласованная общая цель	7,3	5,7	1,6	1,7	1,7
	20	Психологический климат в группе	7,4	6,0	1,4	1,3	2,0
	21	Обучение командной работе	6,8	5,9	0,9	1,0	2,0
	22	Разнообразие компетенций	7,6	6,5	1,1	1,4	1,8
		Среднее значение	<b>7,7</b>	<b>5,7</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>

### 3. Формирование когнитивной матрицы и ее анализ

Проведенный анализ уровня важности концептов позволил сформировать когнитивную матрицу – FCM, которая представлена в таблице 2 [Shinkareva, 2018], где сила взаимодействия дана в квартилях (1 квартиль равен 25% от максимального уровня связи). Левый столбец матрицы характеризует воздействующие концепты, а верхняя строка те, на которые оказывается воздействие. Для обработки когнитивной матрицы (FCM) использовалась система поддержки принятия решений «ИГЛА» [Podvesovskii, 2009].

Консонанс матрицы, как показал анализ, в среднем составляет 72%, что свидетельствует о достаточно высоком общем доверии к матрице. Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90% приведен на рис. 1. Для согласованной работы системы высокое значение имеют такие узловые концепты, как спрос на

научные разработки, система поддержки НИОКР в компании, инновационная культура бизнеса, обучение командной работе, самоконтроль.

Таблица 2. Когнитивная матрица эффективности НИОКР деятельности

Концепт, группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 Образование (количество лет обучения)				1	3	1	1															
2 Интеллектуальный уровень (IQ)					1																	
3 Коммуникативные навыки, связи					2																	
4 Знание иностранных языков			2																			1
5 Эффективность научной работы						2							1			-2		1				
6 Оплата труда	3	1			1																	2
7 Компьютерные поддержка					2																	
8 Самоконтроль, воля					2																2	
9 Обучение критическому мышлению										2												
10 Инновационные методы мышления					1																	
11 Умение выявлять и решать проблемы					2																	
12 Умение мыслить системно					2																	
13 Финансирование и обеспечен. ресурсами					2	1									2	2						
14 Спрос на научные разработки	2		1										3			2						
15 Стратегические программы развития														3								
16 Переподготовка научных кадров	1			1					2	1	1	2										1
17 Система поддержки НИОКР в компании						1	1									3						
18 Инновационная культура бизнеса	1								1								2					1
19 Согласованная общая цель					2													2				
20 Психологический климат в группе					1																	
21 Обучение командной работе			1																2	1		
22 Разнообразие компетенций					2																	

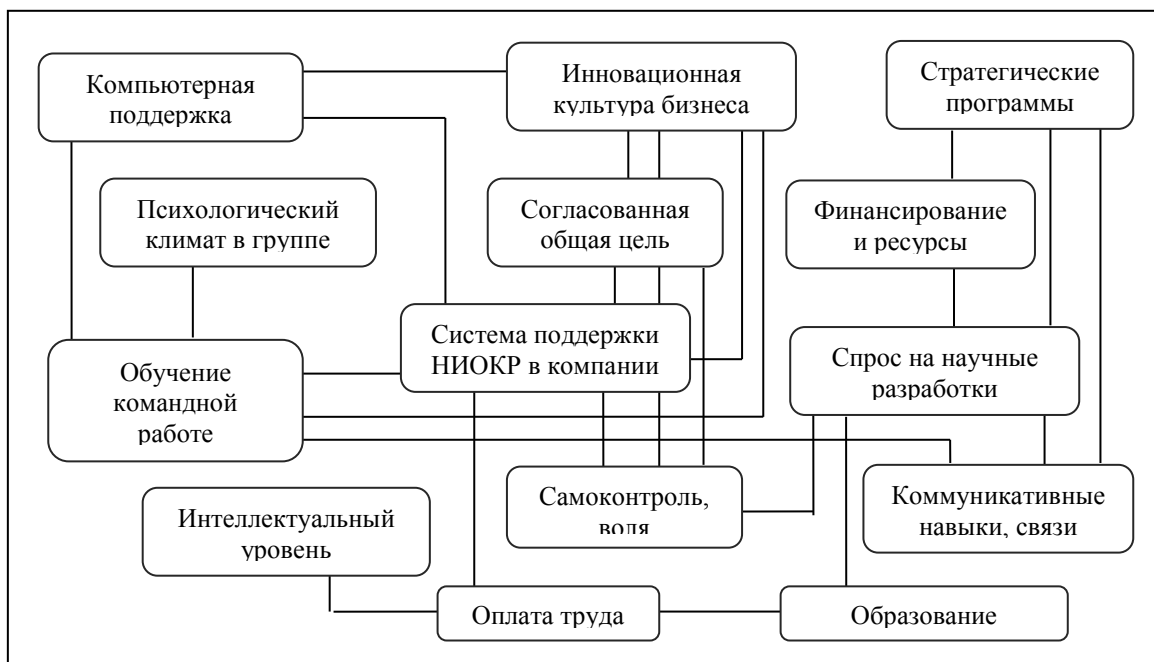


Рис. 1. Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90%

Анализ матрицы консонанса показывает, что система слабо влияет на такие концепты, как коммуникативные навыки и связи, знание иностранных

языков, переподготовка научных кадров, а также на группу ментальных концептов: обучение критическому мышлению, инновационные методы мышления, умение выявлять и решать проблемы, умение мыслить системно.

#### 4. Динамическое моделирование поведения системы

В качестве целевого фактора при моделировании использовался концепт «Эффективность научной работы». Целевой уровень – 100%. Роль управляющего фактора играл концепт: «Переподготовка научных кадров». Низкий начальный уровень (36%) имели концепты: финансирование и обеспечение ресурсами, спрос на научные разработки, инновационная культура бизнеса, оплата труда, знание иностранных языков. Высокий начальный уровень (64%) был у концептов: образование, интеллектуальный уровень, компьютерные поддержка, самоконтроль, инновационные методы мышления, разнообразие компетенций. Начальное значение остальных концептов составлял 50% от максимального. Начальное воздействие осуществлялось по одному из управляющих параметров, причем управляющий импульс составлял +14% от начального значения.

На рис. 2-4 представлено изменение ряда концептов системы при воздействии управляющего фактора «Переподготовка научных кадров».

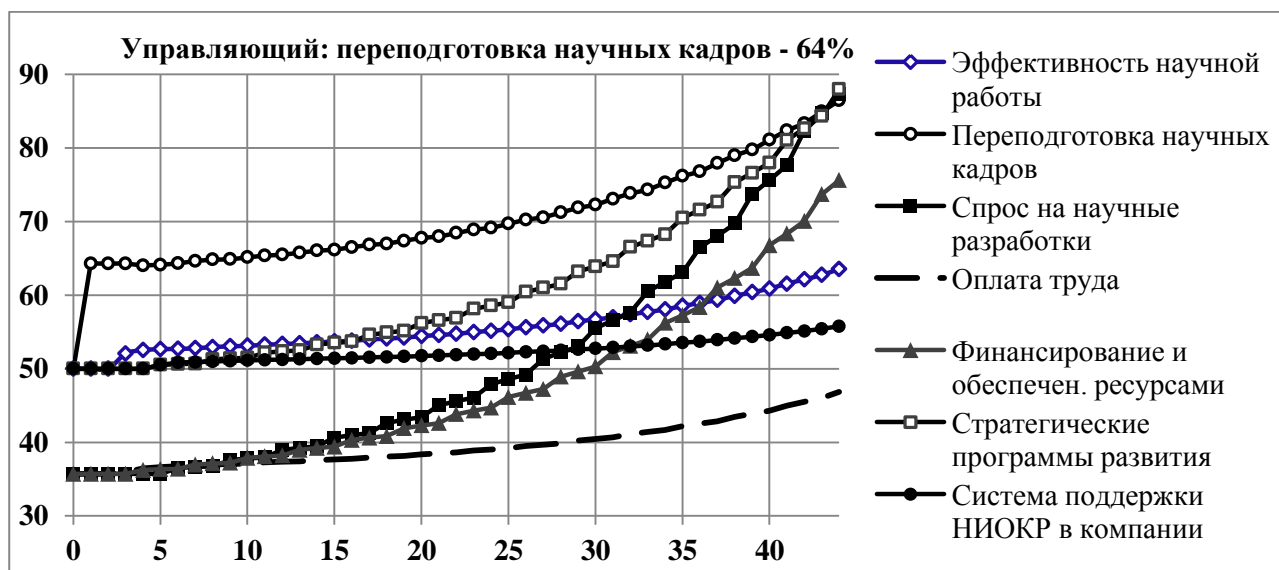


Рис. 2. Влияние переподготовки на динамику основных концептов системы

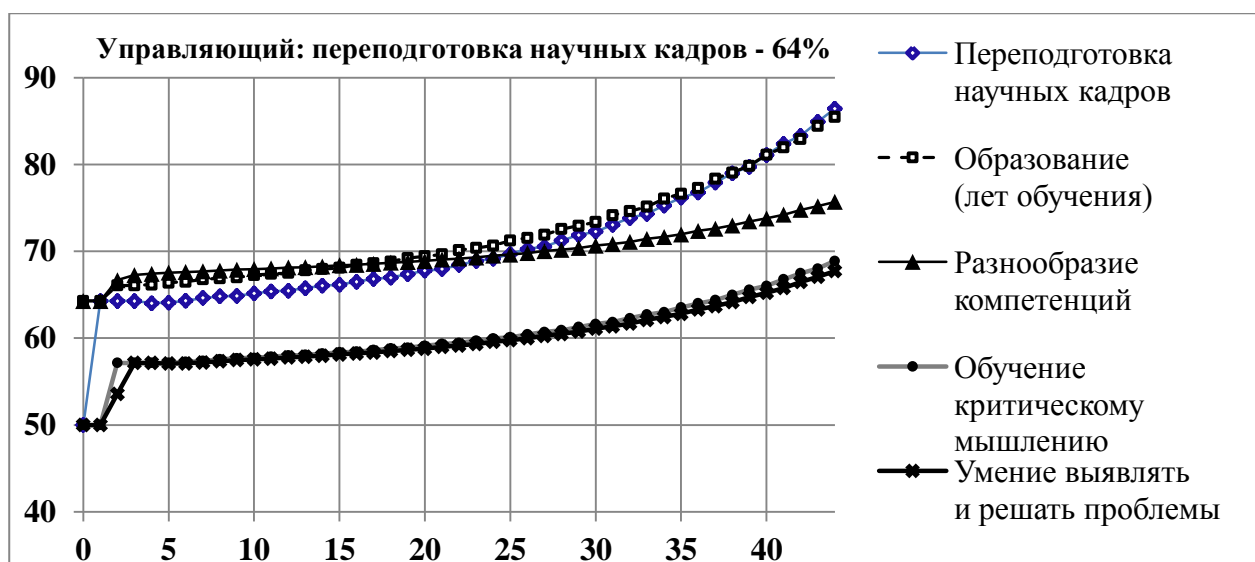


Рис. 3. Влияние на ментальные концепты переподготовки научных кадров

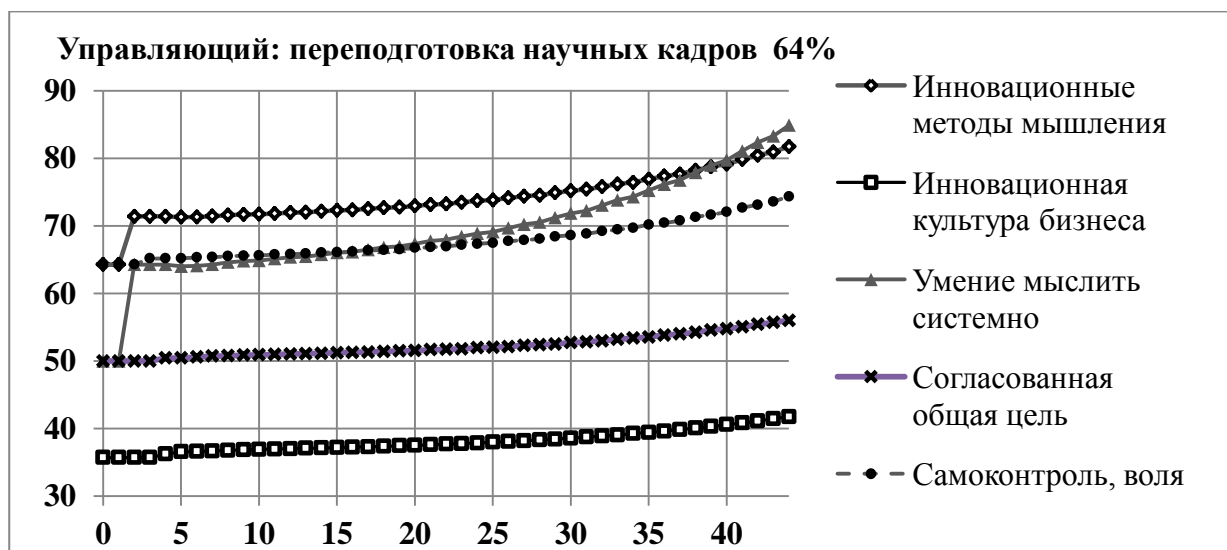


Рис. 4. Влияние переподготовки на инновационные и целевые концепты

За 44 шага по условному времени эффективность научной работы возрастает на 14%, а оплата труда на 11% (рис. 3). При этом быстро растут и такие важные концепты, как стратегические программы развития, спрос на научные разработки, а также финансирование и обеспечение ресурсами. Поскольку переподготовка непосредственно не влияет на эти факторы, то воздействие идет через связи второй и третьей очереди. Одна из них влияет через рост уровня образования (таблица 2, связь 16–1), которое, как мы отмечали выше, имеет высокий уровень воздействия на научную эффективность. Второй канал воздействия осуществляется через концепты 10–

12, которые влияют на научную эффективность, а она на финансирование и обеспечение ресурсами.

Из ментальных концептов наиболее быстро растет уровень образования – практически параллельно переподготовке (с 64 до 85%). Вдвое медленнее растет разнообразие компетенций. Обучение критическому мышлению и умение выявлять и решать проблемы, вначале повышается практически скачком, а затем продолжает монотонно расти (до +18%).

С невысоким темпом 6% за 40 шагов растут такие организационные концепты, как инновационная культура бизнеса, согласованная общая цель и система поддержки НИОКР. Наиболее медленно растут концепты групповой работы: психологический климат в группе (1%) и обучение командной работе (3%).

### **Выводы**

1. Проведено экономико-математическое когнитивное моделирование системных возможностей повышения эффективности труда в сфере НИОКР.

2. Итерационным способом с использованием опросов группы экспертов сформирована система 22 наиболее важных и оцениваемых количественно концептов данной системы. С использованием системы поддержки решений сформирована нечеткая когнитивная матрица системы, представляющая в цифровом виде причинно-следственные взаимосвязи между концептами.

3. Выявлены наиболее острые проблемные факторы научного труда, величину которых важно повышать в условиях России: спрос на научные разработки, финансирование и обеспечение ресурсами, система поддержки НИОКР. оплата труда.

4. Математическая обработка матрицы показала, что она обладает достаточно высоким суммарным консонансом (уровнем доверия) – 72%. Для согласованной работы системы высокое значение имеют такие узловые концепты, как спрос на научные разработки, система поддержки НИОКР в компании, инновационная культура бизнеса, обучение командной работе, самоконтроль.

5. Моделирование поведения системы под воздействием управляющего фактора «Переподготовка научных кадров» показало, что его импульсное увеличение на 14% приводит к росту эффективности научной работы на 14%; оплаты труда возрастает при этом на 11% а уровень образования на 21%.

*Статья проверена программой «Антиплагиат». Оригинальность 99%.*

#### Список литературы

1. Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов. М., МГУ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. 2015.
2. Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. – М.: Альпина нон-фикшн, 2012.
3. Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М., Инфра–М, изд. 16, 2006 г.
4. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.  
URL: [www.world-evolution.ru](http://www.world-evolution.ru)
5. Shinkareva Olga V., Orekhov Viktor D., Soloduha Peter V., Prichina Olga S., Gizyatova Aliya Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 9, Issue 13, December 2018, pp. 303–317.
6. Пуанкаре А. О науке: Пер. с фр. / Под ред. Л. С. Понтрягина. - 2-е изд. - М.: Наука. 1983.
7. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб. Бизнес-пресса, 2000.
8. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.
9. Barro, R.J., Lee, J.W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3.
10. Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 pp.
11. Isaev R.A., Podvesovskii A.G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov’s Fuzzy Cognitive Maps // CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017), Vol. 1904. – P. 57-63.
12. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. – Vol. 1. – P. 65–75.
13. Podvesovskii, A.G., Lagerev, D.G., Korostelev, D.A. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений // Вестник Брянского государственного технического университета, 2009, № 4 (24). - С. 77-84.
14. Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. Vol. 70, № 6, pp 898–920, 2006. URL: <http://www.jstor.org/stable/4145399>



15. Temple C. Critical thinking and critical literacy. Change (Peremena), № 2, 2005, pp. 15-20.