

Синергетический эффект от инновационных компетенций в роботизированном производстве

Анализируются основные перспективы применения инструментов цифровой трансформации, а также проблемы и задачи по формированию организационной среды в роботостроении. Предложены формула расчета синергетического эффекта в гибкой кадровой системе, структура инновационных компетенций специалиста и искусственного интеллекта с учетом значимости элементов. Показано значение системы инновационных компетенций в концепции синергии инновационного процесса по ее видам

Р

А.Р. Бестугин¹

ФГАУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ФГАУ ВО ГУАП), д-р техн. наук, профессор

И.А. Киршина²

ФГАУ ВО ГУАП, канд. экон. наук, доцент, ikirshina@mail.ru

Е.М. Ильинская³

ФГАУ ВО ГУАП, д-р экон. наук, профессор, tempira_2001@mail.ru

О.А. Бизина⁴

ФГАУ ВО ГУАП, магистр, olgassnn@yandex.ru

¹ директор института, Санкт-Петербург, Россия

² заместитель директора института, Санкт-Петербург, Россия

³ профессор, Санкт-Петербург, Россия

⁴ старший преподаватель, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Бестугин А.Р., Киршина И.А., Ильинская Е.М., Бизина О.А. Синергетический эффект от инновационных компетенций в роботизированном производстве // Компетентность / Competency (Russia). — 2025. — № 7. DOI: 10.24412/1993-8780-2025-7-03-09

ключевые слова

цифровая трансформация, искусственный интеллект, инновации, синергетический эффект, структура

азвитие отрасли роботостроения с целью реализации актуальных задач по обеспечению национальной и экономической безопасности ставит инновационные предприятия перед необходимостью перехода на совершенно новые стандарты организации не только производственных и различных бизнес-процессов, но и всей системы корпоративных связей и компетенций.

В статье проанализированы основные задачи по созданию новой организационной среды, которые стоят перед руководителями роботизированных инновационных предприятий. При решении проблемы формирования системы гибкой рабочей силы на базе симбиоза человека и искусственного интеллекта внимание акцентируется на их инновационных компетенциях. Расчет синергетического эффекта от реализации инновационных компетенций должен быть дополнен анализом структуры и значимости каждого из ее элементов. Необходимо исследование значимости инновационных компетенций в концепции синергии инновационного процесса.

Инструменты цифровой трансформации в роботостроении

В области роботостроения существует достаточно много «современных инструментов, которые способны использовать цифровой трансформации» [1].

Во-первых, это возможность связи с «различными системами или устройствами, благодаря которым становятся возможными умные фабрики» [2], где для повышения качества продукции, уменьшения издержек и увеличения маржинальности применяется машин-

ное обучение роботов на производственных линиях и цепочках.

Во-вторых, машинное обучение предполагает быстрый доступ к мощнейшим вычислительным ресурсам, который обеспечивают облачные платформы. База данных и знаний в хранилищах позволяет инноваторам более гибко и результативно подходить к разработке новейших технологий и «эффективно осуществлять трансфер и внедрение инновационных идей и продуктов» [3].

В-третьих, кроме доступа к хранилищам данных, необходим анализ их объемов для принятия наиболее адекватных, оптимальных и обоснованных производственно-технологических решений с целью оптимизации всех бизнес-процессов.

В-четвертых, если мы говорим о машинном обучении роботов, то искусственный интеллект (ИИ) позволит повысить компетентность и быстрее адаптироваться к новым условиям. Способность применять полученные знания для решения производственных задач занимает центральное место и у работников, и у роботов, которые также приобретают новые умения и навыки.

Перечисленные инструменты цифровой трансформации играют ключевую роль как в развитии самого роботостроения, так и в создании более эффективных и адаптивных производственных систем и умных производств. Они «позволяют предприятиям не только оптимизировать производственные и бизнес-процессы, но и обеспечивают ускорение генерации и реализации инновационных идей» [4].

Однако, кроме перспектив, цифровая трансформация и роботизация

производства создают и новые угрозы, и вызовы во внутренней и внешней среде.

Задачи по модификации организационной среды в условиях цифровой трансформации

На роботизированных инновационных предприятиях меняется организационная среда, что ставит целый ряд проблем [5].

Во-первых, приобретая более сложную конфигурацию, профессиональное обучение требует постоянного инвестирования в новые технологии, в том числе в бизнес-образование.

Все работники на роботизированном предприятии должны обладать глубокими производственными знаниями и умениями, чтобы быть конкурентоспособными. Это обеспечивается только через «перманентное обучение и подготовку, в том числе и без отрыва от производственных процессов» [6].

Однако параллельно с задачами обучения персонала возникает необходимость машинного обучения внедренных в производство роботов. Таким образом, для руководства предприятия усложняется задача профессиональной подготовки, поскольку этот процесс делится уже на два потока. Все названные инструменты цифровой трансформации играют значимую роль в обучении всех акторов производственных процессов, причем при машинном обучении роботов искусственный интеллект незаменим.

Во-вторых, корпоративная культура, управление персоналом и взаимная связь участников бизнес-процессов усложняются.

Если предприятие не роботизировано, необходимо создать комфортную среду, уникальную атмосферу для всего персонала, благоприятную для реализации инновационных идей и производственных задач. Принятые на предприятии ценности, нормы производственного и личностного поведения должны «способствовать гармонизации межличностных и производственных взаимодействий по всем

горизонтальным и вертикальным уровням» [7].

При повсеместном внедрении робототехнических комплексов и разнообразных роботов непременно встанет вопрос о взаимодействии между человеком и роботом. А эта область пока не проработана, отсутствует культура реагирования, взаимоотношений, творчества, адаптации, мотивации, сотрудничества, командной работы.

Таким образом, роботы с искусственным интеллектом требуют повышенного внимания со стороны руководства предприятия, перед которым возникает необходимость «управления не только персоналом, но и роботами, а также задача проработки правил взаимодействия человеческого и искусственного интеллекта».

Все, что раньше имело отношение к работнику на роботизированном производстве, с внедрением искусственного интеллекта рано или поздно должно быть адаптировано и применено в том числе и для последнего. Должна быть создана коллаборативная и инклюзивная корпоративная культура на роботизированном предприятии, чтобы бизнес-среда, основанная на разнообразии и равноправии всех участников, обеспечила принятие оптимальных решений для достижения намеченных целей и результатов.

Следует отметить, что корпоративная культура, особенно на производствах с искусственным интеллектом, непременно должна быть гибкой, то есть адаптивной, «ориентированной на быструю реакцию и на изменение внешнего и внутреннего окружения» [8], на инновации и эксперименты, нацеленные на повышение конкурентоспособности и достижение высоких результатов.

В-третьих, «компетентностный подход ко всем бизнес-процессам должен перманентно совершенствоваться, особенно что касается инновационного аспекта» [9]. Немалое значение на роботизированных производствах с использованием искусственного интеллекта будут иметь инновационные компетенции, то есть совокупность

умений, знаний и навыков всех акторов производственных и бизнес-процессов на предприятиях. При этом может обостриться конкурентная борьба между человеком и роботом по качеству инновационных компетенций, по креативности и скорости восприятия инноваций.

Конкуренция во времени становится непереносимым аспектом новой бизнес-среды. Огромное количество вопросов встает перед руководством роботизированного предприятия с искусственным интеллектом: каково место человека и робота в области генерирования идей, у кого преимущества в предприимчивости и реализации новых методов и технологий, кто больше ориентирован на результат, кто проявляет большую гибкость умений и навыков, какова степень готовности к переменам и способность к коммуникациям и творчеству в работе?

Огромные преимущества искусственного интеллекта непременно будут дополняться новыми трудностями и задачами. Внутренние вызовы не ослабнут, поэтому модель инновационных компетенций должна быть усовершенствована с учетом искусственного интеллекта. Необходимо сформировать новую инновационную культуру на роботизированном предприятии, учитывающую «все инструменты цифровой трансформации современного высокотехнологичного производства» [10].

При формировании инновационных компетенций большую роль играют математические расчеты, а при наличии искусственного интеллекта роль математики становится всеполагающей, поскольку искусственный интеллект и есть сама математическая модель. Математический инструментарий позволяет смоделировать все алгоритмы и процессы. «Благодаря математике интеллектуальные системы могут самообучаться и, анализируя большие данные, оптимизировать требуемые решения и таргетировать результат» [11].

Огромные плюсы имеет искусственный интеллект в реализации ин-

Результативность процесса разработки новой конфигурации бизнеса, предполагающей изменение стратегии, корректировку методов и инструментов принятия решений, может быть увеличена в разы за счет внедрения искусственного интеллекта в управленческую систему

новационных идей, однако нельзя забывать и о негативных аспектах его самообучения и самоосознания. Здесь мы снова возвращаемся к проблеме корпоративной культуры и правил поведения всех акторов в бизнес-среде.

Бесконтрольная самореализация и самообучение искусственного интеллекта могут привести к утрате контроля над процессами, чрезмерной неопределенности, рискам и конфликтам внутри бизнес-среды. Поэтому, как уже упоминалось выше, необходимы правила, регламенты поведения не только человека на производстве, но и роботов с искусственным интеллектом. Должны быть прописаны протоколы доступа к информации, разработаны инструменты для контроля поведения, механизмы поощрения и наказания, модели поведения и алгоритмы применения психологических воздействий, системы технических блокировок и физического уничтожения в случае опасности для окружающих.

Синергетический эффект от взаимодействия человека и искусственного интеллекта

Симбиоз человеческого и искусственного интеллекта при условии реализации четких правил и моделей поведения позволит развивать инновационные компетенции в технологическом, организационном, инвестиционном, производственном и научно-исследовательском аспектах, способствуя повышению эффективности инновационной деятельности на роботизированных производствах.

Синергизм как совместное взаимодействие двух или нескольких сил или факторов при параллельном движении к единой цели способствует получению лучшего мультиплицированного результата. Для определения синергетического эффекта от объединения кадровых составляющих в гибкой кадровой системе, сочетающей в себе человека и искусственный интеллект, можно использовать формулу:

$$СЭ_{ик} = \frac{ИК_{рс, ии}}{ИК_{рс} + ИК_{ии}},$$

где СЭ_{ик} — синергетический эффект в гибкой кадровой системе;

ИК_{рс, ии} — инновационные компетенции объединенного интеллекта в гибкой кадровой системе;

ИК_{рс} — инновационные компетенции рабочей силы;

ИК_{ии} — инновационные компетенции искусственного интеллекта.

Инновационная компетентность представляет собой совокупность способностей, умений и качеств, которые обеспечивают успешную генерацию и реализацию инновационных идей, а также трансфер инноваций.

Структура инновационных компетенций специалиста по инновациям и искусственного интеллекта представлена в таблице. С учетом детализи-

рованной структуры инновационных компетенций специалистов и искусственного интеллекта система инновационных компетенций, с учетом значимости ее элементов, может быть представлена следующим образом:

$$ИП_{рс} = \sum_{j,i=1}^{10} a_j \mathcal{E}_i \text{ и } ИП_{ии} = \sum_{j,i=1}^{10} b_j \mathcal{E}_i,$$

где $\mathcal{E}_i$ — элемент структуры инновационных компетенций;

a_j — весовые коэффициенты каждого элемента в структуре инновационных компетенций специалистов, определяемые экспертным методом,

$$\sum_{i=1}^{10} a_i = 1;$$

b_j — весовые коэффициенты каждого элемента в структуре инновационных компетенций искусственного интеллекта, определяемые экспертным методом,

$$\sum_{i=1}^{10} b_i = 1.$$

Проводя сравнительный анализ структуры инновационных компетенций, можно увидеть, что часть элементов схожи, а некоторые имеют значительные различия. И то и другое имеет позитивный аспект, поскольку одинаковые компетенции позволят усилить роль каждого элемента в общем синергетическом эффекте, а компетенции, которые не дублируются, смогут заполнить незадействованный элемент в общей системе инновационных компетенций, усиливая эффект синергии.

Следует отметить, что можно дополнить структуру инновационных компетенций человека элементами, которые пока еще недоступны искусственному интеллекту, например: искусственный интеллект пока не имеет абстрактного мышления, интуиции, эмоционального интеллекта, возможности отличить ложь от правды, учитывать иррациональные факторы поведения человека, правильно разрешить непредвиденную ситуацию и т.п. Это позволяет заключить, что главная роль в генерации, реализации и трансфере инноваций принадлежит человеку, специалисту данного профиля.

Таблица
Структура инновационных компетенций специалиста и искусственного интеллекта [Structure of innovative competencies of a specialist and artificial intelligence]

Структура инновационных компетенций [Structure of innovative competencies]	
Искусственный интеллект [Artificial intelligence]	Специалист [Specialist]
Машинное обучение	Исследовательские умения
Обработка речи	Ценностная мотивация
Распознавание образов и объектов	Целенаправленность
Создание робототехники	Креативность
Разработка образовательных программ	Цифровая грамотность
Адаптивное обучение	Рефлексия
Аналитика результатов	Аналитические способности
Работа с базами данных и знаний и оценка конечного результата	Концентрация внимания и умение переключаться
Способность автоматически генерировать прототипы продукции	Способность прогнозирования и интуиция
Алгоритмическое мышление	Критическое мышление

Инновационное предприятие (как и любая сложная динамическая система) стремится получить максимальный эффект за счет своей целостности от совместного функционирования элементов системы, от энергии совместного действия всех факторов. Соответственно стоит цель повышения инновационного потенциала предприятия за счет синергетического эффекта от комплексной реализации инновационных компетенций всех составляющих кадрового потенциала роботизированного производства. Внедрение искусственного интеллекта и применение методов интеллектуального управления как вершины треугольника стратегического развития инновационного предприятия позволят реализовать «теорию самоорганизации на практике как в производственно-технологической, так и в организационно-управленческой подсистеме» [12].

Синергия инновационного процесса: значение инновационных компетенций

В рамках предложенной концепции синергии инновационного процесса авторами (М.Н. Титова, Е.М. Ильинская) «выделены архитектурные, инжиниринговые и инфраструктурные инновации» [13] и отмечено, что в основе последних лежат организационно-управленческие. Управленческие инновации включают в себя внедрение новых технологий. Старая управленческая и организационная системы на предприятии вступают в противоречие с инновациями, поэтому необходима фрактальная динамика развития посредством множества системных управленческих решений. Обеспечение эффективности структуры кадрового потенциала и актуализация корпоративной культуры на предприятии предполагают управление уже гибридной рабочей силой, куда включаются не только работники, но и роботы с искусственным интеллектом.

Возникает необходимость разработки алгоритмов для взаимоотношения между человеком и роботом, для того чтобы получить синергетический

Огромные плюсы имеет искусственный интеллект в реализации инновационных идей, однако нельзя забывать и о негативных аспектах его самообучения и самоосознания

эффект от этого взаимодействия. Только посредством определенного ряда итераций в организационной среде и принятия множества управленческих решений можно обеспечить инжиниринговые инновации, оптимизацию процессов, а также изменения в организационной и корпоративной структуре предприятия.

Концепция синергии инновационного процесса ученых М.Н. Титовой и Е.М. Ильинской предполагает наличие «стартовой, операционной и конверсионной синергии» [14]. Следует добавить, что стартовая синергия в инновационном процессе, предполагающая установление равновесия между традиционными и новыми компетенциями, а также соответствие квалификации работников качеству новых рабочих мест, должна обязательно учитывать в роботизированном производстве место и роль искусственного интеллекта, а также результат взаимодействия человека с роботом.

Операционная синергия в производственной и логистической подсистеме предполагает учет вклада робототехники в обновление производственного цикла и совершенствование технологического процесса на всех его этапах. Значение роботизированных комплексов, способных на основе искусственного интеллекта дифференцировать и модифицировать технологические приемы и подходы, возрастает для наукоемких инновационных предприятий, реализующих продуктовые и технологические инновации. «Синергия от взаимодействия в производственной среде традиционного оборудования и роботов с искусственным интеллектом» [15] позволит ускорить

генерацию, реализацию и трансфер инноваций.

Необходимо также отметить роль робототехнических комплексов в реализации операционной синергии и в логистических цепочках, благодаря чему в разы повышается эффективность и маржинальность процессов по сравнению с традиционным продвижением ценностей.

Что касается конверсионной синергии, то, по нашему мнению, роль искусственного интеллекта наряду с мозговым штурмом в управленческой системе абсолютно неоспорима и является главной. Результативность процесса разработки новой конфигурации бизнеса, предполагающей изменение стратегии, корректировку методов и инструментов принятия решений, может быть увеличена в разы за счет внедрения искусственного интеллекта в управленческую систему.

Заключение

Синергия инновационных компетенций гибкого кадрового потенциала, включающего в себя

элементы искусственного интеллекта, позволит реализовать такие предпосылки успешного совершенствования алгоритма разработки инновационной стратегии предприятия, как хеджирование негативной динамики факторов внешнего окружения и цикличности экономического развития.

В экономике, тем более в инновационной деятельности, всегда присутствует мультипликативный эффект, обеспечивающий больший прирост результирующего показателя. Каждая сфера экономической деятельности имеет тот или иной мультипликатор, существует инвестиционный мультипликатор, денежный, депозитный, кредитный, мультипликатор государственных расходов, «мультипликатор синергии» [16]. Эффект синергии инновационных компетенций также имеет мультипликативный характер, при этом стоит задача преобразования мультипликаторов в драйверы инновационного развития наукоемкой экономики, а также разработка «алгоритма расчета фракталов инновационного типа роста» [17] для изменения бизнес-среды. ■

*Статья поступила
в редакцию 29.05.2025*

Список литературы

1. Стратегическое управление цифровой трансформацией интеллектуальной экономики и промышленности в новой реальности: монография. — СПб, 2024.
2. Цифровизация экономических систем: теория и практика: монография / Под ред. А.В. Бабкина. — СПб, 2020.
3. Цифровые интеллектуальные экосистемы в экономике и промышленности: монография. — СПб, 2023.
4. Цифровая экономика и сквозные технологии: теория и практика: монография / Под ред. А.В. Бабкина. — СПб, 2019.
5. Бизина О.А. Задачи по развитию российского рынка робототехники / Межд. науч.-практ. конф.: Макроэкономические и социальные аспекты устойчивого развития. — СПб, 2024.
6. Киршина И.А. // Инновации. — 2023. — № 1(291).
7. Титова М.Н. // Актуальные проблемы экономики и управления. — 2021. — № 1(29).
8. Ильинский В.В. Разработка информационного инструментария на предприятии в условиях изменений и внешних вызовов / В кн.: Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации: монография. — СПб, 2018.
9. Ильинская Е.М. Формирование системы компетенций в рамках платформенной экономики / Межд. науч.-практ. конф.: Экономический потенциал и корпоративная социальная ответственность. — СПб, 2024.
10. Bizina O.A., Ilinskaya E.M., Titova M.N. Synergy of innovation process in high-tech industries / In book: European proceedings of social and behavioural sciences. — Krasnoyarsk, 2021.
11. Титова М.Н. // Актуальные проблемы экономики и управления. — 2020. — № 1(25).
12. Экономика и управление цифровой трансформацией экономических систем: монография. — СПб, 2024.
13. Титова М.Н., Ильинская Е.М. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. — 2021. — № 4.
14. Ильинская Е.М. Эффект синергии инновационного процесса в генерации наукоемких производств / В кн.: Технологические тренды и наукоемкая экономика: бизнес, отрасли, регионы: колл. монография / Под ред. О.Н. Кораблевой [и др.]. — СПб, 2021.
15. Бизина О.А. Виды синергии в рамках инновационного процесса / Межд. науч.-практ. конф.: Рынки капитала и конкурентоспособность экономики. — СПб, 2023.
16. Бестугин А.Р., Киршина И.А., Титова М.Н., Ильинская Е.М. Классификация мультипликаторов по видам синергии в высокотехнологичных производствах / III Межд. форум: Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве. — СПб, 2023.
17. Экономика и менеджмент в условиях нелинейной динамики: монография. — СПб, 2017.

Synergetic Effect of Innovative Competencies in Robotic Manufacturing

A.R. Bestugin¹, FSAEI HE St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (FSAEI HE SUAI), Prof. Dr. (Tech.)

I.A. Kirshina², FSAEI HE SUAI, Assoc. Prof. PhD (Ec.), ikirshina@mail.ru

E.M. Il'inskaya³, FSAEI HE SUAI, Prof. Dr. (Ec.), tempra_2001@mail.ru

O.A. Bizina⁴, FSAEI HE SUAI, Master, olgasnn@yandex.ru

¹ Director of Institute, St. Petersburg, Russia

² Deputy Director of Institute, St. Petersburg, Russia

³ Professor, St. Petersburg, Russia

⁴ Senior Lecturer, St. Petersburg, Russia

Citation: Bestugin A.R., Kirshina I.A., Il'inskaya E.M., Bizina O.A. Synergetic Effect of Innovative Competencies in Robotic Manufacturing, *Kompetentnost' / Competency (Russia)*, 2025, no. 7, pp. 3–9. DOI: 10.24412/1993-8780-2025-7-03-09

key words

digital transformation, artificial intelligence, innovation, synergetic effect, structure

The prospects of using digital transformation tools in robotics, as well as threats and challenges, including in the organizational environment, are analyzed. The main tasks and problems that arise in robotic innovative enterprises are highlighted. A formula is proposed for calculating the synergetic effect in a flexible personnel system that combines human and artificial intelligence. The structure of the innovative competencies of a specialist and artificial intelligence and its calculation, taking into account the importance of the components, are presented. The importance of the system of innovative competencies in the concept of synergy of the innovation process by its types is shown.

References

1. Strategic management of the digital transformation of the intellectual economy and industry in the new reality: monograph, St. Petersburg, 2024.
2. Digitalization of economic systems: theory and practice: monograph, ed. by A.V. Babkin, St. Petersburg, 2020.
3. Digital intelligent ecosystems in the economy and industry: monograph, St. Petersburg, 2023.
4. Digital economy and end-to-end technologies: theory and practice: monograph, ed. by A.V. Babkin, St. Petersburg, 2019.
5. Bizina O.A. Tasks for the development of the Russian robotics market, Int. sc. and pract. conf.: Macroeconomic and social aspects of sustainable development, St. Petersburg, 2024, pp. 38–43.
6. Kirshina I.A., *Innovatsii*, 2023, no. 1(291), pp. 84–89.
7. Titova M.N., *Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya*, 2021, no. 1(29), pp. 66–72.
8. Il'inskiy V.V. Development of information tools at the enterprise in the context of changes and external challenges, In book: Methodology of economic, industrial and service sector development in the context of digitalization: monograph, St. Petersburg, 2018, pp. 559–611.
9. Il'inskaya E.M. Formation of a competence system within the framework of the platform economy, Int. sc. and pract. conf.: Economic potential and corporate social responsibility, St. Petersburg, 2024, pp. 74–79.
10. Bizina O.A., Il'inskaya E.M., Titova M.N. Synergy of innovation process in high-tech industries, In book: European proceedings of social and behavioural sciences, Krasnoyarsk, 2021, pp. 1970–1977.
11. Titova M.N., *Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya*, 2020, no. 1(25), pp. 41–49.
12. Economics and management of digital transformation of economic systems: monograph, St. Petersburg, 2024.
13. Titova M.N., Il'inskaya E.M., *Vestnik Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 3: Ekonomicheskie, gumanitarnye i obshchestvennye nauki*, 2021, no. 4, pp. 9–12.
14. Il'inskaya E.M. The synergy effect of the innovation process in the generation of high-tech industries, In book: Technological trends and high-tech economics: business, industries, regions: coll. monograph, ed. by O.N. Korableva [etc], St. Petersburg, 2021, pp. 241–250.
15. Bizina O.A. Types of synergy within the framework of the innovation process, Int. sc. and pract. conf.: Capital markets and economic competitiveness, St. Petersburg, 2023, pp. 132–135.
16. Bestugin A.R., Kirshina I.A., Titova M.N., Il'inskaya E.M. Classification of multipliers by types of synergy in high-tech industries, III Int. forum: Mathematical methods and models in high-tech production, St. Petersburg, 2023, pp. 170–172.
17. Economics and management in the context of nonlinear dynamics: monograph, St. Petersburg, 2017.