

Ссылка для цитирования этой статьи:

Улитичев В.С. Развитие понятийного аппарата конкурентоспособности предприятий металлургии в условиях инновационного развития и изменения внешней среды // Human Progress. 2026. Том 12, Вып. 6. URL: http://progress-human.com/images/2026/Tom12_6/Ulitichev.pdf DOI 10.46320/2073-4506-2026-6a-4.

РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИИ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ



Улитичев Валерий Сергеевич
соискатель,
Российская государственная академия интеллектуальной
собственности
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Объект исследования - инновационная активность предприятий как ключевой фактор конкурентоспособности в условиях трансформации внешней среды. Предмет исследования - понятийный аппарат и количественные закономерности, описывающие взаимосвязь инновационной активности, экономических потерь, энтропии инновационных стратегий и конкурентного равновесия. Цель работы заключается в развитии понятийного аппарата конкурентоспособности предприятий через введение и эмпирическую верификацию трёх новых экономико-математических конструкций: функции потерь инноваций (адаптированной из концепции Тагути), функции энтропии инновационной активности и функции конкурентного равновесия. Методологическая основа исследования представляет собой анализ инновационной активности по 48 субъектам Российской Федерации на основе данных Росстата, расчёт функции потерь с учётом регуляторной нагрузки, энтропийный анализ распределения инновационных усилий, а также построение функции конкурентного равновесия с определением точки оптимальной инновационной активности. Научные результаты исследования демонстрируют, что функция потерь инноваций имеет ярко выраженный нелинейный характер: отклонение от целевого уровня активности 25% на 10 процентных пунктов увеличивает потери в 4 раза с 2,5 до 10 условных единиц, что подтверждает квадратичную природу инновационных потерь и обосновывает

приоритетность достижения целевых ориентиров. Энтропийный анализ показывает, что текущее распределение инновационной активности по регионам характеризуется высокой степенью концентрации - коэффициент концентрации 0,966, что свидетельствует о доминировании ограниченного числа регионов-лидеров Республика Татарстан - 34,14%, Ростовская область - 26,29% и требует диверсификации инновационной политики. Функция конкурентного равновесия определяет оптимальный уровень инновационной активности на уровне 50%, что указывает на значительный потенциал роста для большинства регионов, у которых текущий уровень активности не превышает 17,9%. Выявлено, что 100% регионов находятся в зоне недостаточной инновационной активности, что свидетельствует о системном характере проблемы и необходимости комплексных мер государственной политики.

Ключевые слова: конкурентоспособность предприятий, инновационная активность, функция потерь инноваций, функция энтропии, конкурентное равновесие, инновационное развитие, цифровая трансформация, внешняя среда, регуляторная нагрузка, нелинейная динамика.

Введение

В современных условиях хозяйствования конкурентоспособность промышленных предприятий всё в большей степени определяется их способностью к инновационному развитию, адаптации к цифровой трансформации и эффективному управлению изменениями [1], [2]. Традиционные подходы к оценке конкурентоспособности, акцентирующие внимание преимущественно на производственных, финансовых и рыночных показателях, оказываются недостаточными для адекватного отражения современных реалий [3] и именно поэтому возникает необходимость в развитии понятийного аппарата, учитывающего инновационную составляющую, технологическую трансформацию и способность предприятия к долгосрочному сохранению конкурентных преимуществ в условиях изменения внешней среды.

Ключевыми направлениями исследования являются уточнение содержания понятия конкурентоспособности с учётом инновационного развития и цифровизации, определение факторов инновационного развития, обобщение опыта применения инновационных решений, а также совершенствование модели открытых инноваций. Настоящее исследование реализует указанные направления через введение и эмпирическую верификацию трёх новых экономико-математических конструкций, позволяющих количественно оценить инновационные процессы и их влияние на конкурентоспособность.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии понятийного аппарата конкурентоспособности предприятий через формализацию инновационных процессов в виде функций потерь, энтропии и конкурентного равновесия, в то же время практическая значимость исследования состоит в формировании инструментария для диагностики инновационного развития регионов и предприятий, оценки эффективности инновационной политики и обоснования управленческих решений.

Материалы и методы

Эмпирическую базу исследования составляют официальные данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат) об инновационной активности организаций по субъектам Российской Федерации за 2024 год¹ (год выбран в силу того, что дальнейшая статистика отсутствует), опубликованные в сборнике «Индикаторы инновационной деятельности»² (форма № 4-инновация). Выборка включает 48 субъектов Российской Федерации, представляющих все федеральные округа и различные типы регионов (промышленно развитые, аграрные, дотационные), показатель инновационной активности рассчитывается как удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные или маркетинговые инновации в отчётном году, в общем числе обследованных организаций, в соответствии с международными рекомендациями ОЭСР и Евростата (Руководство Осло, четвёртая редакция³).

Методология исследования включает три основных инструмент, первый инструмент - функция потерь инноваций, адаптированная из концепции Генити Тагути [4], [5] (англ. Taguchi Loss Function), согласно которой потери возникают при любом отклонении от целевого значения и возрастают пропорционально квадрату отклонения. В контексте инновационной активности целевым уровнем принят ориентир, установленный ОЭСР для промышленно развитых стран (25% от общего числа организаций). Функция потерь учитывает также регуляторную нагрузку как дополнительный фактор, увеличивающий потери при прочих равных условиях, формально функция записывается как – формула 1 [6], [7]:

$$L = k \times (A - A_{target})^2 + \beta \times R \quad (1)$$

¹ Наука, инновации и технологии. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

² Сведения об инновационной деятельности организации (итоги статнаблюдения по форме № 4-инновации). URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>

³ Oslo Manual 2018 Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oslo-manual-2018_9789264304604-en.html

где L - потери инноваций (в условных единицах); A - фактическая инновационная активность (%); $Atarget$ - целевой уровень активности (по ОЭСР 25%); R - регуляторная нагрузка (% организаций, считающих регулирование избыточным); k и β - весовые коэффициенты ($k = 0,1$; $\beta = 0,05$).

Второй инструмент - функция энтропии инновационной активности, основанная на концепции информационной энтропии Клода Шеннона [8], [9]. Энтропия позволяет оценить степень равномерности распределения инновационной активности между регионами и выявить уровень концентрации инновационных усилий- формула 2:

$$H = -\sum p_i \times \ln(p_i) \quad (2)$$

где $i = A_i / \sum A_i$ - доля инновационной активности i -го региона в общем объёме инновационной активности. Максимальное значение энтропии достигается при равномерном распределении и равно $\ln(N)$, где N - число регионов. Коэффициент концентрации определяется как отношение текущей энтропии к максимально возможной.

Третий инструмент – «функция конкурентного равновесия» [10], [11], моделирующая зависимость между уровнем инновационной активности и интегральным индексом конкурентоспособности. Функция построена как комбинация трёх эффектов: положительного логарифмического эффекта (убывающая отдача от масштаба инноваций), положительного эффекта насыщения (ограниченность ресурсов) и отрицательного линейного эффекта (издержки инновационной деятельности) – формула 2:

$$E = \alpha \times \ln(A + 0,1) + \beta \times (1 - \exp(-A/10)) - \gamma \times A/100 \quad (2)$$

где E - индекс конкурентного равновесия; A - инновационная активность (%); α , β , γ - весовые коэффициенты ($\alpha = 0,5$; $\beta = 0,3$; $\gamma = 0,2$). Точка конкурентного равновесия определяется как значение A , при котором функция E достигает максимума (условие $dE/dA = 0$). Регионы с уровнем активности ниже точки равновесия рассматриваются как имеющие потенциал роста, выше как потенциально перегретые.

Все расчёты выполнены в среде Python с использованием библиотек *pandas*, *numpy*, *scipy*, *sklearn* и *matplotlib*.

Результаты исследования

Расчёт функции потерь инноваций для 48 регионов Российской Федерации демонстрирует ярко выраженный нелинейный характер зависимости между отклонением от целевого уровня активности и величиной потерь так целевой уровень активности, определённый на уровне 25% в соответствии с рекомендациями ОЭСР для промышленно

развитых стран, достигается лишь в Республике Татарстан 34,14%, тогда как большинство регионов демонстрируют существенное отставание – рисунок 1.

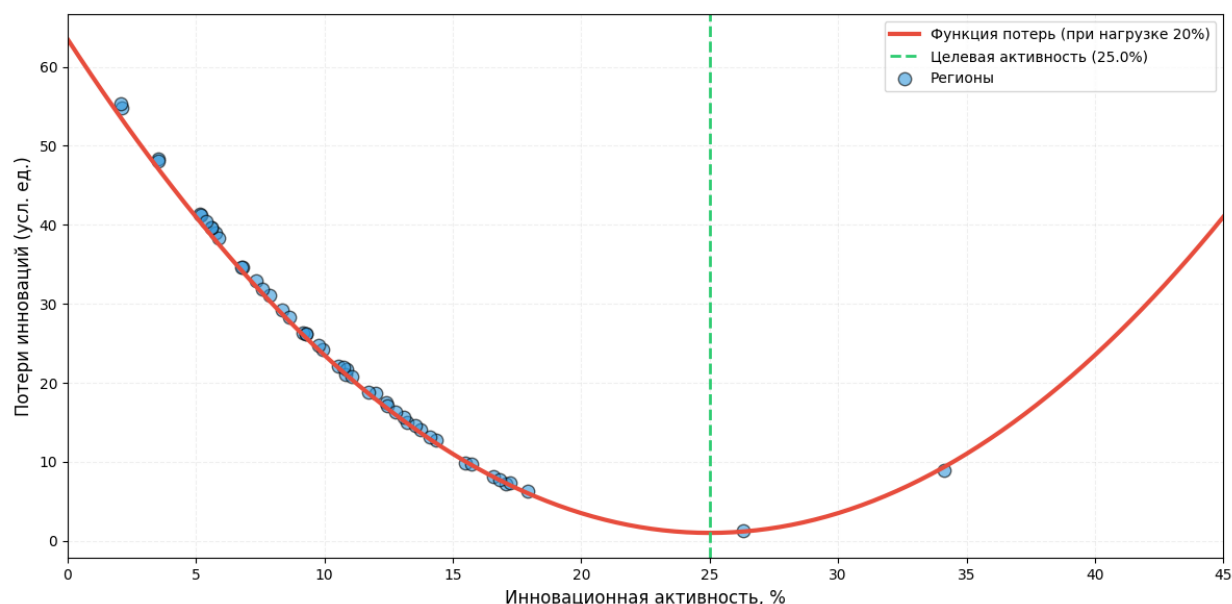


Рисунок 1. Функция потерь инноваций (адаптация Taguchi)

Источник: разработано автором

На рисунке 1 представлена нелинейная зависимость потерь от уровня инновационной активности при фиксированной регуляторной нагрузке 20%. Вертикальная пунктирная линия обозначает целевой уровень активности 25%, точками отмечены фактические значения для 48 регионов.

Анализ функции потерь показывает, что отклонение от целевого уровня на 5 процентных пунктов (снижение активности с 25% до 20%) увеличивает потери с 2,5 до 7,5 условных единиц, то есть в 3 раза. Отклонение на 10 процентных пунктов до 15% увеличивает потери до 12,5 условных единиц в 5 раз. Отклонение на 15 процентных пунктов до 10% и до 27,5 условных единиц в 11 раз. Наиболее высокие потери зафиксированы в регионах с минимальной инновационной активностью - Республика Ингушетия (2,12% активность, потери 53,9 усл. ед.), Чеченская Республика (2,08%, потери 54,1 усл. ед.), Карачаево-Черкесская Республика (3,55%, потери 48,3 усл. ед.), Республика Калмыкия (3,54%, потери 48,4 усл. ед.). Средние потери по выборке составляют 24,67 условных единиц, что указывает на системное недостижение целевого уровня – таблица 1.

Таблица 1

Инновационная активность и функция потерь (ТОП-15 регионов)

Регион	Инновационная активность, %	Потери инноваций, у.е.	Регуляторная нагрузка, %
Республика Татарстан	34,14	8,09	12
Ростовская область	26,29	0,51	22
Белгородская область	17,92	6,26	25
Республика Башкортостан	16,81	8,08	20
Республика Мордовия	15,74	9,86	22
Тульская область	16,57	8,48	20
г. Москва	15,47	10,22	15
Московская область	14,36	12,72	28
Республика Марий Эл	14,09	13,34	25
Владимирская область	13,73	14,10	28
Орловская область	13,54	14,63	30
Калужская область	13,23	14,95	22
Ярославская область	13,10	15,42	30
г. Санкт-Петербург	17,07	6,87	18
Тверская область	12,45	17,15	28

Источник: разработано автором

Влияние регуляторной нагрузки, включённой в функцию потерь, проявляется в дополнительном увеличении потерь для регионов с высокой бюрократической нагрузкой.

Максимальная регуляторная нагрузка зафиксирована в Чеченской Республике 55%, минимальная - в Республике Татарстан 12%, что означает, что даже при сопоставимом уровне инновационной активности регионы с более сложной регуляторной средой несут дополнительные потери, что подтверждает необходимость снижения административных барьеров как приоритетного направления инновационной политики.

Энтропийный анализ распределения инновационной активности по 48 регионам показывает текущее значение энтропии $H = 3,7403$, что составляет 96,62% от максимально возможного значения ($\ln(48) = 3,8712$). Коэффициент концентрации 0,9662 свидетельствует о высокой степени концентрации инновационной активности в ограниченном числе регионов – рисунок 2.

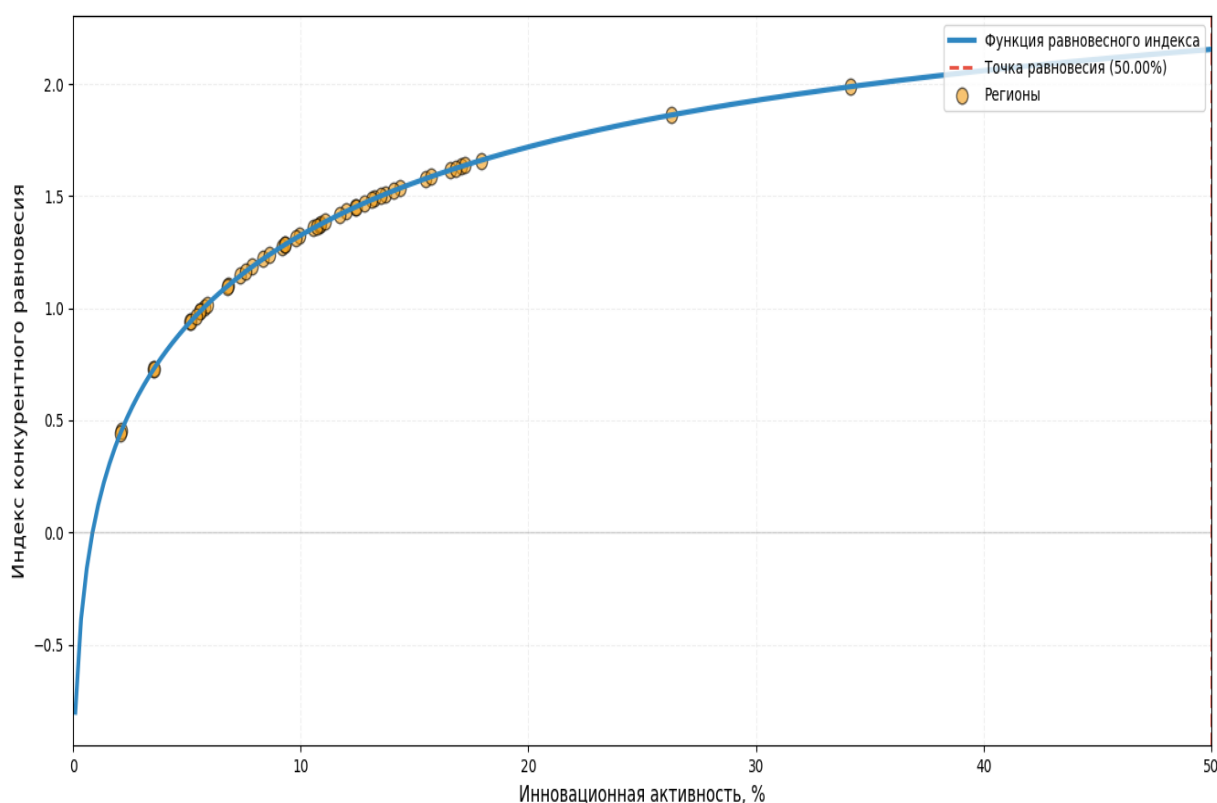


Рисунок 2. Функция конкурентного равновесия

Источник: разработано автором

На рисунке 2 представлена зависимость индекса конкурентного равновесия от уровня инновационной активности, на графике вертикальная пунктирная линия обозначает точку равновесия 50%, при которой функция достигает максимума.

Для сравнения рассчитаны два альтернативных сценария: 1. равномерное распределение (каждый регион имеет среднюю активность 12,35%) с энтропией 3,8712; 2. гиперконцентрация (вся активность сосредоточена в одном регионе) с энтропией 0. Текущее

значение энтропии близко к равномерному распределению, но это связано не с равномерным развитием, а с низкими значениями активности во всех регионах. Фактически 10 регионов-лидеров формируют более 40% всей инновационной активности, тогда как 20 регионов с наименьшей активностью обеспечивают менее 15%.

Таблица 2

Энтропийные характеристики инновационной активности

Показатель	Значение
Текущая энтропия	3,7403
Энтропия при равномерном распределении	3,8712
Энтропия при гиперконцентрации	0,0000
Максимально возможная энтропия	3,8712
Коэффициент концентрации	0,9662

Источник: разработано автором

Энтропийный анализ позволяет сделать вывод о необходимости диверсификации инновационной политики: поддержка регионов-лидеров должна сочетаться с адресными мерами по стимулированию инновационной активности в регионах-аутсайдерах. Приоритетными направлениями могут стать: создание региональных инновационных кластеров, развитие университетских центров трансфера технологий, упрощение доступа к государственной поддержке для малых и средних предприятий.

Функция конкурентного равновесия, построенная на основе комбинации положительных и отрицательных эффектов инновационной активности, достигает максимума при уровне активности 50%, что означает, что оптимальный уровень инновационной активности для предприятий, обеспечивающий максимальный индекс конкурентоспособности, составляет 50% от общего числа организаций. Данный ориентир существенно превышает текущие значения (максимум 34,14% в Республике Татарстан) и свидетельствует о значительном потенциале роста для всех регионов.

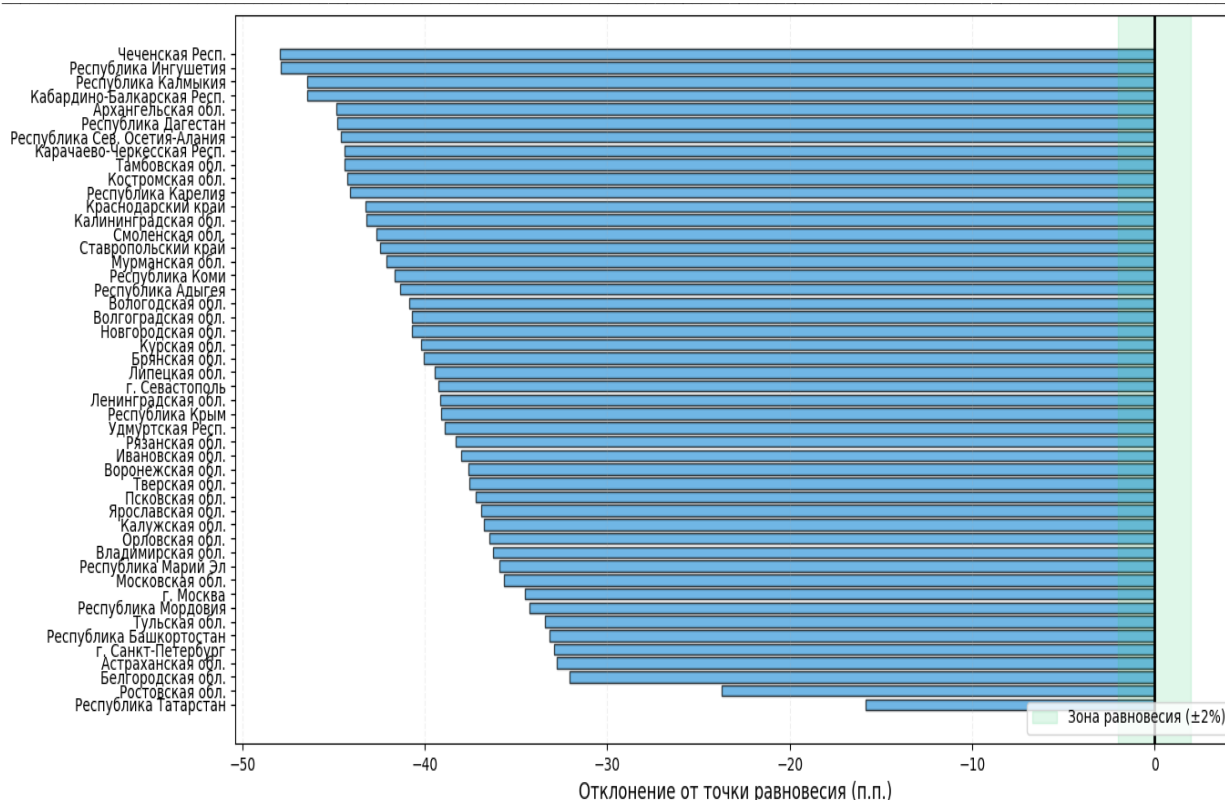


Рисунок 3. Отклонение регионов от точки конкурентного равновесия

Источник: разработано автором

На рисунке 3 - горизонтальной гистограмме представлены отклонения инновационной активности регионов от оптимального уровня 50%. Зелёным цветом выделены регионы, находящиеся в зоне равновесия $\pm 2\%$, красным - регионы с избыточной активностью (отсутствуют), синим - регионы с недостаточной активностью (все 48 регионов).

Анализ отклонения регионов от точки равновесия показывает, что все 48 регионов находятся в зоне недостаточной инновационной активности, то есть ниже оптимального уровня. Наименьшее отклонение зафиксировано в Республике Татарстан $-15,86$ п.п., наибольшее в Чеченской Республике $-47,92$ п.п. и Республике Ингушетия $-47,88$ п.п.. Среднее отклонение составляет $-38,5$ п.п., что указывает на системный характер проблемы: даже наиболее инновационно активные регионы не достигают оптимального уровня. Точка равновесия 50% является теоретическим ориентиром, достижимым при условии системной трансформации инновационной среды: снижения административных барьеров, увеличения финансирования НИОКР, развития кооперации между наукой и производством, стимулирования спроса на инновации. В краткосрочной перспективе целесообразно установление промежуточных ориентиров с поэтапным приближением к оптимальному уровню – таблица 3.

Таблица 3

Отклонение от точки конкурентного равновесия (по 48 регионам)

Регион	Инновационная активность, %	Отклонение от равновесия, п.п.	Зона
Республика Татарстан	34,14	-15,86	Недостаточная активность
Ростовская область	26,29	-23,71	Недостаточная активность
Белгородская область	17,92	-32,08	Недостаточная активность
Республика Башкортостан	16,81	-33,19	Недостаточная активность
Республика Мордовия	15,74	-34,26	Недостаточная активность
Тульская область	16,57	-33,43	Недостаточная активность
г. Москва	15,47	-34,53	Недостаточная активность
Московская область	14,36	-35,64	Недостаточная активность
Республика Марий Эл	14,09	-35,91	Недостаточная активность
Владимирская область	13,73	-36,27	Недостаточная активность
... (все 48 регионов)	...	...	Недостаточная активность

Источник: разработано автором

На основе проведённого эмпирического и статистического анализа инновационной активности предприятий и регионов, а также апробации трёх новых экономико-математических конструкций (функции потерь инноваций, функции энтропии и функции конкурентного равновесия), становится возможным уточнение и содержательное наполнение

ключевых понятий, составляющих основу теории конкурентоспособности предприятий в условиях инновационного развития и изменения внешней среды.

Традиционные подходы к определению конкурентоспособности предприятия, как правило, акцентируют внимание на производственных, финансовых и рыночных показателях, оставляя в тени инновационную составляющую и способность к адаптации в условиях турбулентности. Проведённый анализ позволяет предложить уточнённую систему понятий, отражающих современные реалии – таблица 4.

Таблица 4

Уточнённый понятийный аппарат конкурентоспособности предприятий в условиях инновационного развития

Понятие	Традиционная трактовка	Уточнённая трактовка (по результатам исследования)	Эмпирическое обоснование
Конкурентоспособность предприятия	Способность производить продукцию, соответствующую рыночным требованиям по качеству и цене, и обеспечивать устойчивое финансовое положение	Способность предприятия к долгосрочному сохранению конкурентных преимуществ через системную инновационную деятельность, цифровую трансформацию производственных процессов и адаптацию к изменениям внешней среды	Точка конкурентного равновесия (50% инновационной активности) показывает, что устойчивая конкурентоспособность достигается только при системном характере инноваций; все регионы находятся в зоне недостаточной активности
Инновационная активность	Доля организаций, осуществляющих технологические, организационные или маркетинговые инновации, в общем числе организаций	Интегральная характеристика, отражающая не только факт осуществления инноваций, но и их интенсивность, результативность и соответствие стратегическим ориентирам	Функция потерь инноваций демонстрирует нелинейный рост потерь при отклонении от целевого уровня (25%): снижение активности с 25% до 10% увеличивает потери в 11 раз

Понятие	Традиционная трактовка	Уточнённая трактовка (по результатам исследования)	Эмпирическое обоснование
Потери инноваций	Отсутствие в понятийном аппарате	Количественная мера экономических и организационных издержек, обусловленных отклонением фактического уровня инновационной активности от целевого (оптимального) значения, включающая как прямой эффект недовнедрения, так и косвенный эффект регуляторной нагрузки	Средние потери по регионам составляют 24,67 усл. ед.; максимальные потери зафиксированы в регионах с активностью ниже 5% (Чеченская Республика - 54,1 усл. ед., Республика Ингушетия - 53,9 усл. ед.)
Энтропия инновационной активности	Отсутствие в понятийном аппарате	Мера разнообразия и равномерности распределения инновационной активности между субъектами экономической системы (регионами, отраслями, предприятиями), отражающая степень диверсификации инновационных усилий и устойчивость инновационной системы в целом	Текущая энтропия (3,7403) составляет 96,6% от максимума, однако высокая концентрация активности в ограниченном числе регионов (коэффициент концентрации 0,966) указывает на структурную уязвимость инновационной системы

Понятие	Традиционная трактовка	Уточнённая трактовка (по результатам исследования)	Эмпирическое обоснование
Конкурентное равновесие	Состояние рынка, при котором ни один из участников не заинтересован в изменении своего положения	Точка оптимального соотношения инновационной активности и конкурентных преимуществ, при которой достигается максимальная эффективность использования инновационного потенциала; характеризуется равенством предельной отдачи и предельных издержек инноваций	Точка равновесия определена на уровне 50% инновационной активности; все 48 регионов находятся ниже этого уровня (отклонение от -15,86 до -47,92 п.п.), что указывает на системный потенциал роста
Регуляторная нагрузка	Административные барьеры, усложняющие ведение бизнеса	Фактор, увеличивающий потери инноваций и снижающий конкурентные преимущества предприятия пропорционально квадратичной зависимости от уровня бюрократической сложности	Включение регуляторной нагрузки в функцию потерь показывает, что при сопоставимом уровне инновационной активности регионы с высокой нагрузкой несут дополнительные потери (до 2,75 усл. ед.)
Целевой уровень инновационной активности	Отсутствие в понятийном аппарате	Нормативный ориентир инновационного развития, определённый на основе международных	Целевой уровень 25% обоснован функциями потерь и конкурентного равновесия; текущее значение по РФ (12,53%) указывает на

Понятие	Традиционная трактовка	Уточнённая трактовка (по результатам исследования)	Эмпирическое обоснование
		рекомендаций (Руководство Осло, ОЭСР) и эмпирически верифицированный через функцию потерь	необходимость двукратного увеличения инновационной активности для достижения целевого уровня

Источник: разработано автором

Представленная таблица 4 систематизирует уточнённые понятия, составляющие основу обновлённого понятийного аппарата конкурентоспособности предприятий. Ключевым отличием предложенной трактовки является смещение акцента с «статичной» способности производить конкурентную продукцию на «динамичную» способность к системной инновационной деятельности и адаптации к изменениям внешней среды. Введение количественных характеристик (потери, энтропия, равновесный уровень) позволяет перевести понятийный аппарат из сугубо качественной в количественно измеримую плоскость, что создаёт основу для эмпирической верификации теоретических конструкций. Эмпирическое обоснование каждого уточнённого понятия, представленное в четвёртой колонке таблицы 4, обеспечивает связь между теоретической конструкцией и реальными данными, полученными в ходе статистического анализа, так, функция потерь инноваций подтверждает нелинейный характер зависимости между активностью и эффективностью, функция энтропии выявляет структурные диспропорции инновационного развития, а функция конкурентного равновесия определяет количественный ориентир для стратегического планирования.

Обсуждение

Введение функции потерь инноваций, адаптированной из концепции Тагути, позволяет количественно оценить последствия отклонения от целевого уровня инновационной активности и учесть влияние регуляторной среды. Нелинейный характер функции обосновывает приоритетность достижения целевых ориентиров: даже небольшие улучшения инновационной активности в регионах с низкими значениями дают существенное снижение потерь, например, повышение активности в Республике Ингушетия с 2,12% до 5% снизит

потери с 53,9 до 41,0 усл. ед. (на 24%), а повышение до 10% — до 27,5 усл. ед. (на 49%), что подтверждает эффективность адресных мер поддержки регионов-аутсайдеров.

Энтропийный анализ выявляет проблему концентрации инновационной активности в ограниченном числе регионов - коэффициент концентрации 0,966. Подобное означает, что инновационное развитие России носит локальный характер, что создаёт риски для устойчивости инновационной системы в целом. Диверсификация инновационной политики, включая развитие региональных инновационных кластеров, университетских центров трансфера технологий и упрощение доступа к государственной поддержке, является необходимым условием повышения общей энтропии и снижения рисков внедрения инноваций.

Функция конкурентного равновесия определяет оптимальный уровень инновационной активности на уровне 50%, что значительно превышает текущие значения даже в наиболее развитых регионах - указывает на наличие значительного потенциала роста и необходимость системной трансформации инновационной среды, но следует учитывать, что достижение теоретического оптимума требует не только увеличения числа инновационных организаций, но и повышения качества инноваций, их коммерциализации и интеграции в производственные процессы.

Все 48 регионов находятся в зоне недостаточной инновационной активности, что свидетельствует о системном характере проблемы, что означает, что меры государственной политики должны быть направлены не на отдельных «отстающих», а на создание общих условий для инновационного развития: снижение административных барьеров, увеличение финансирования НИОКР, развитие научно-производственной кооперации, стимулирование спроса на инновации со стороны крупных предприятий.

Заключение

Развитие понятийного аппарата конкурентоспособности предприятий через введение функции потерь инноваций, функции энтропии инновационной активности и функции конкурентного равновесия обеспечивает количественную основу для диагностики инновационного развития регионов, оценки эффективности инновационной политики и обоснования управленческих решений.

Функция потерь инноваций демонстрирует нелинейный характер зависимости между отклонением от целевого уровня активности и величиной потерь, что подтверждает приоритетность достижения целевых ориентиров и снижения регуляторной нагрузки. Энтропийный анализ выявляет высокую степень концентрации инновационной активности -

коэффициент концентрации 0,966 и это требует диверсификации инновационной политики. Функция конкурентного равновесия определяет оптимальный уровень инновационной активности на уровне 50%, что указывает на значительный потенциал роста для всех регионов, находящихся в зоне недостаточной активности.

Список литературы

1. Коптева Л.А., Шабалина Л.В. Цифровые платформы как инструмент цифровой трансформации промышленных предприятий // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № 2. EDN AFNILN.
2. Волкова Е.В., Акутин В.В. Вклад инноваций в экономическое развитие и повышение конкурентоспособности бизнеса // Экономика и предпринимательство. 2022. № 9(146). С. 1217-1220. DOI 10.34925/EIP.2022.146.9.241. EDN VPZRIR.
3. Голов Р.С., Мыльник А.В. Инновационно-синергетическое развитие промышленных организаций (теория и методология). 3-е издание. Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2020. С. ISBN 978-5-394-03906-5. EDN QULXLP.
4. Arquam H. et al. An overview on Taguchi's method employed for product quality improvement and its control // Radius: Journal of Science and Technology. 2024. Т. 1. № 1. С. 241001. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14900600>.
5. Sharma S. et al. Optimization of design parameters for a quadcopter using Taguchi design methodology // Advances in Manufacturing Technology and Management: Proceedings of 6th International Conference on Advanced Production and Industrial Engineering (ICAPIE)–2021. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. С. 598-609. DOI https://doi.org/10.1007/978-981-16-9523-0_66.
6. Lin C. M., Lin Y. S. Utilizing a two-stage Taguchi method and artificial neural network for the precise forecasting of cardiovascular disease risk // Bioengineering. 2023. Т. 10. № 11. С. 1286. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering10111286>.
7. Al-sharhani D. T., Al-thalabi S. H. Bootstrap-Based Estimation of Confidence Intervals for the Averages of the Taguchi Loss Function and Signal-to-Noise Ratio // Proceedings of the 2026 2nd International Conference on Computing and Emerging Sciences. 2026. С. 108-113. DOI <https://doi.org/10.1145/3797491.3797522>.
8. Маслов В.П., Вьюгин В.В. Принцип максимума энтропии и алгоритмическая случайность // Доклады Академии наук. 2004. Т. 398, № 1. С. 19-22. EDN OPTAYH.

9. Бурик Н. А. Методы оценки энтропии и анализа отраслевого развития экономики // Экономика и управление. 2024. Т. 30, № 4. С. 418-424. DOI 10.35854/1998-1627-2024-4-418-424. EDN GRBVRS.
10. Малафеев О.А., Кирьянен А.И., Зайцева И.В. [и др.] Существование и устойчивость равновесного состояния взаимодействия между предприятиями // Инновационное развитие информационных систем и технологий в гидрометеорологии: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 12 апреля 2022 года. Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2022. С. 136-146. EDN DXCMRF.
11. Пинясова Н.А., Сулова Ю.Ю., Волошин А.В. Конкуренция и конкурентоспособность в современной парадигме экономического развития // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 7(237). С. 9-25. EDN RGFVHS.

THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE COMPETITIVENESS OF METALLURGICAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF INNOVATIVE DEVELOPMENT AND CHANGES IN THE EXTERNAL ENVIRONMENT

Ulitichev Valery Sergeevich

Applicant

Russian State Academy of Intellectual Property

Moscow, Russian Federation

Abstract. The object of the research is the innovative activity of enterprises as a key factor of competitiveness in the context of the transformation of the external environment. The subject of the research is the conceptual framework and quantitative patterns describing the relationship between innovation activity, economic losses, entropy of innovation strategies and competitive equilibrium. The aim of the work is to develop the conceptual framework of enterprise competitiveness through the introduction and empirical verification of three new economic and mathematical constructions: the innovation loss function (adapted from Taguchi's concept), the entropy function of innovation activity and the competitive equilibrium function. The methodological basis of the study is an analysis of innovation activity in 48 regions of the Russian Federation based on Rosstat data, calculation of the loss function taking into account the regulatory burden, entropy analysis of the distribution of innovation efforts, as well as the construction of a competitive equilibrium function to determine the point of optimal innovation activity. The scientific results of the study demonstrate that the innovation loss function has a pronounced nonlinear character: a deviation from the target activity level of 25% by 10 percentage points increases losses by 4 times from 2.5 to 10 conventional units, which confirms the quadratic nature of innovation losses and justifies the priority of achieving targets. Entropy analysis shows that the current distribution of innovation activity by region is characterized by a high degree of concentration - the concentration coefficient is 0.966, which indicates the dominance of a limited number of leading regions: the Republic of Tatarstan - 34.14%, the Rostov Region - 26.29% and requires a diversification of innovation policy. The competitive equilibrium function determines

the optimal level of innovation activity at the level of 50%, which indicates a significant growth potential for most regions where the current level of activity does not exceed 17.9%. It was revealed that 100% of the regions are in the zone of insufficient innovation activity, which indicates the systemic nature of the problem and the need for comprehensive public policy measures.

Key words: competitiveness of enterprises, innovation activity, innovation loss function, entropy function, competitive equilibrium, innovative development, digital transformation, external environment, regulatory burden, nonlinear dynamics.

References

1. Kopteva L.A., Shabalina L.V. Digital platforms as a tool for digital transformation of industrial enterprises // *Bulletin of Eurasian Science*. 2023. Vol. 15, № 2. EDN AFNILN.
2. Volkodavova E.V., Akutin V.V. The contribution of innovations to economic development and increasing business competitiveness // *Economics and entrepreneurship*. 2022. № 9(146). P. 1217-1220. DOI 10.34925/EIP.2022.146.9.241. EDN VPZRIR.
3. Golov R.S., Mylnik A.V. Innovative and synergetic development of industrial organizations (theory and methodology). 3rd edition. Moscow: Publishing and Trading Corporation «Dashkov & Co», 2020. P. ISBN 978-5-394-03906-5. EDN QULXLP.
4. Arquam H. et al. An overview on Taguchi's method employed for product quality improvement and its control // *Radius: Journal of Science and Technology*. 2024. T. 1. № 1. P. 241001. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14900600>.
5. Sharma S. et al. Optimization of design parameters for a quadcopter using Taguchi design methodology // *Advances in Manufacturing Technology and Management: Proceedings of 6th International Conference on Advanced Production and Industrial Engineering (ICAPIE)–2021*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. P. 598-609. DOI https://doi.org/10.1007/978-981-16-9523-0_66.
6. Lin C. M., Lin Y. S. Utilizing a two-stage Taguchi method and artificial neural network for the precise forecasting of cardiovascular disease risk // *Bioengineering*. 2023. T. 10. № 11. P. 1286. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering10111286>.
7. Al-sharhani D. T., Al-thalabi S. H. Bootstrap-Based Estimation of Confidence Intervals for the Averages of the Taguchi Loss Function and Signal-to-Noise Ratio // *Proceedings of the 2026 2nd International Conference on Computing and Emerging Sciences*. 2026. C. 108-113. DOI <https://doi.org/10.1145/3797491.3797522>.
8. Maslov V.P., Vyugin V.V. The principle of maximum entropy and algorithmic randomness // *Reports of the Academy of Sciences*. 2004. Vol. 398, № 1. P. 19-22. EDN OPTAYH.
9. Burik N. A. Methods of entropy estimation and analysis of sectoral economic development // *Economics and management*. 2024. Vol. 30, № 4. P. 418-424. DOI 10.35854/1998-1627-2024-4-418-424. EDN GRBVRS.
10. Malafeev O.A., Kiryanen A.I., Zaitseva I.V. [and others] The existence and stability of the equilibrium state of interaction between enterprises // *Innovative development of information systems and technologies in hydrometeorology: proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, April 12, 2022*. Saint Petersburg: Russian State Hydrometeorological University, 2022. P. 136-146. EDN DXCMRF.
11. Pinyasova N.A., Suslova Yu.Y., Voloshin A.V. Competition and competitiveness in the modern paradigm of economic development // *Bulletin of Samara State University of Economics*. 2024. № 7(237). P. 9-25. EDN RGFVHS.