

УДК 33     DOI: 10.14451/1.256.355

# Статистический анализ связи образовательного потенциала вузов с региональной изобретательской активностью Дальневосточного федерального округа

© 2026 Струбагин Павел Владимирович

Кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-аналитики. Финансовый университет при Правительстве РФ, Россия, Москва.

E-mail: pavel0@mail.ru

**Ключевые слова:** изобретения, математические науки, инженерные науки, панельные данные, отрицательно-биномиальная модель, многоуровневая регрессия, региональные эффекты, Дальневосточный федеральный округ.

В статье исследуется статистическая связь между численностью студентов математических и инженерных направлений подготовки и числом изобретений в регионах Дальневосточного федерального округа. Эмпирическая база представлена панельными данными по вузам за 2014–2024 гг. Для проверки гипотезы были сопоставлены пуассоновская регрессия, отрицательно-биномиальная регрессия и многоуровневая отрицательно-биномиальная модель. Наилучшее качество описания данных обеспечила многоуровневая отрицательно-биномиальная модель, учитывающая иерархическую структуру наблюдений и межрегиональную неоднородность. Полученные результаты показали отсутствие статистически значимой самостоятельной связи между численностью студентов указанных направлений и числом изобретений после контроля региональных и временных эффектов. Сделан вывод о доминирующей роли региональных факторов в формировании изобретательской активности.

Исследование факторов, определяющих инновационную и изобретательскую активность регионов, представляет существенный научный и практический интерес. Значительное количество исследований рассматривают «модель производственной функции знаний как основу многочисленных эмпирических исследований» [9].

В условиях перехода к экономике знаний особое внимание уделяется человеческому капиталу, который «образуют комплекс знаний, необходимый для создания новых или преобразования старых продуктов, сочетание инноваций и человеческого капитала» [7], формируемой системой высшего образования. Подготовка

кадров по техническим направлениям традиционно рассматривается как один из институциональных источников технологического развития, поскольку именно эти образовательные траектории создают базу для генерации новых технологических решений, инженерных разработок и объектов интеллектуальной собственности [2; 6].

При построении содержания инженерного образования необходимо учитывать региональную специфику [4], поэтому для субъектов Дальневосточного федерального округа проблема устойчивого инновационного развития сопряжена с рядом структурных ограничений: пространственной удалённостью, неоднородностью научно-образовательной инфраструктуры, различиями в отраслевой специализации и неодинаковым уровнем концентрации исследовательских организаций. Практическая значимость исследования состоит в возможности более обоснованной оценки того, является ли рост контингента студентов по стратегически важным направлениям подготовки достаточным условием усиления изобретательской активности, либо решающую роль играют внешние по отношению к вузам региональные условия. Ответ на этот вопрос имеет значение для образовательной, инновационной и региональной политики.

В предложенной модели рассматриваются следующие признак-факторы:

– Признак-фактор «Математические науки» отражает численность студентов, обучающихся по математическим направлениям подготовки, теоретически увеличение данного контингента может способствовать росту исследовательского потенциала за счёт усиления фундаментальной подготовки, развития аналитических компетенций и расширения базы для последующего участия в прикладных разработках, вместе с тем математическая подготовка может опосредованно влиять на изобретательскую активность и не давать быстрого эффекта без развитой научной инфраструктуры и каналов трансфера знаний.

– Признак-фактор «Инженерные науки» в теории имеет более прямую связь с изобретательской активностью, так как рост численности студентов инженерного профиля предполагает расширение кадровой базы для прикладных разработок, конструкторских решений и участия в технологических проектах, поэтому до построения итоговой модели можно было ожидать положительного и статистически значимого эффекта данного признака.

Однако оба факторных признака характеризуют прежде всего образовательный потенциал вузов, тогда как число изобретений во многом определяется более широким институциональным контекстом: объёмом НИОКР, наличием исследовательских лабораторий, отраслевой структурой экономики региона, кооперацией вузов и бизнеса, а также активностью организаций, не входящих в систему высшего образования. Следовательно, даже при наличии теоретической связи влияние образовательных показателей могло оказаться статистически неустойчивым после контроля региональных различий.

Эмпирическая база исследования представлена панельными данными по высшим учебным заведениям регионов Дальневосточного федерального округа за период 2014–2024 гг. В качестве результативного признака рассматривается число изобретений, а в качестве ключевых объясняющих переменных – численность студентов, обучающихся по направлениям математических и инженерных наук. Поскольку зависимая переменная является счётным показателем, принимающим неотрицательные целые значения, использование классической линейной регрессии в данном случае методически некорректно. Линейные модели могут приводить к отрицательным прогнозным значениям, опираются на предположение о нормальном распределении ошибок и не учитывают специфическую структуру вариации, характерную для счётных данных. В связи с этим в исследовании применяются модели счётных данных, позволяющие связать ожидаемое число изобретений с объясняющими переменными посредством логарифмической функции связи [3; 8; 10].

В общем виде математическое ожидание зависимой переменной задаётся следующим образом:

$$M(Y_i|X_i) = m_i,$$

где  $Y_i$  – число изобретений, а  $m_i$  – среднее значение.

Систематическая часть модели записывается как

$$\ln(m_i) = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i},$$

где  $b_0$  – свободный член,  $b_i$  – коэффициенты регрессии,  $X_{1i}$ ,  $X_{2i}$  – объясняющие переменные.

В рамках исследования первоначально была рассмотрена пуассоновская обобщённая линейная модель. Данная спецификация предполагает, что зависимая переменная подчиняется распределению Пуассона:

$$Y_i \sim P(m_i),$$

Систематическая часть модели задаётся в виде логарифмической функции связи:

$$\ln(m_{it}) = b_0 + b_1M_{it} + b_2E_{it} + \tau_t,$$

где  $M_{it}$  – численность студентов математических направлений,  $E_{it}$  – численность студентов инженерных направлений,  $\tau_t$  – временные эффекты. Научная значимость пуассоновской модели определяется тем, что она выступает базовой спецификацией для анализа счётных данных. Её достоинствами являются теоретическая простота, наглядность интерпретации и широкая применимость в эмпирических исследованиях. Вместе с тем данная модель основана на жёстком предположении о равенстве математического ожидания и дисперсии:

$$M(Y_i) = D[Y_i] = m_i.$$

Применительно к данным регионального и вузовского уровня указанное предположение не выполняется, поскольку дисперсия зависимой переменной существенно превышает её среднее значение. Наличие передисперсии приводит к тому, что пуассоновская модель может занижать стандартные ошибки коэффици-

ентов, вследствие чего статистическая значимость объясняющих переменных оказывается завышенной.

С целью преодоления данного ограничения была рассмотрена отрицательно-биномиальная обобщённая линейная модель. Эта спецификация представляет собой развитие пуассоновского подхода за счёт введения дополнительного параметра, отражающего избыточную дисперсию:

$$Y_i \sim NB(m_i, \theta),$$

где  $\theta$  – параметр дисперсии, при этом систематическая часть модели сохраняет вид:

$$\ln(m_{it}) = b_0 + b_1M_{it} + b_2E_{it} + \tau_t.$$

В отличие от пуассоновской модели, отрицательно-биномиальная спецификация допускает превышение дисперсии над математическим ожиданием:

$$D(Y_i) = m_i + am_i^2.$$

Указанное свойство делает отрицательно-биномиальную модель более адекватной для анализа счётных данных, отличающихся существенной неоднородностью и высоким разбросом значений. К числу её преимуществ относится возможность получения более устойчивых стандартных ошибок и, следовательно, более корректных статистических выводов. Однако даже данная спецификация сохраняет предположение о независимости наблюдений, что ограничивает её применимость в условиях сложной иерархической структуры эмпирических данных.

С учётом того, что используемая в исследовании информационная база имеет многоуровневую организацию, далее была рассмотрена смешанная отрицательно-биномиальная модель. Наблюдения одновременно соотносятся со структурой «вуз – регион – год», в связи с чем предположение о полной независимости единиц анализа оказывается методологически некорректным. В подобных условиях вариация

числа изобретений может определяться не только наблюдаемыми объясняющими переменными, но и ненаблюдаемыми характеристиками регионов и университетов. Для учёта данного обстоятельства в модель были включены как фиксированные, так и случайные эффекты. Формально спецификация может быть представлена следующим образом:

$$Y_i \sim \text{NB}(m_{ijt}, \theta),$$

$$\ln(m_{ijt}) = b_0 + b_1 M_{ijt} + b_2 E_{ijt} + \tau_t + \alpha_j + v_i,$$

где  $i$  обозначает вуз,  $j$  – регион,  $t$  – год;  $\alpha_j$  – случайный эффект региона,  $v_i$  – случайный эффект вуза.

Включение случайных эффектов позволяет учесть ненаблюдаемую неоднородность между регионами и образовательными организациями. Университеты могут различаться по масштабу деятельности, отраслевой специализации, академическому профилю и уровню исследовательского потенциала. В этой связи смешанная отрицательно-биномиальная модель представляется наиболее теоретически обоснованной и статистически релевантной для анализа рассматриваемых данных.

Сравнительная оценка качества рассматриваемых спецификаций осуществлялась с использованием информационных критериев, в частности критерия Акаике и Байесовского информационного критерия, а также на основе диагностического анализа остатков [8; 10]. Полученные результаты свидетельствуют о явном преимуществе многоуровневой отрицательно-биномиальной модели по сравнению с альтернативными вариантами. Минимальные значения критерия Акаике и Байесовского информационного критерия были получены именно для смешанной отрицательно-биномиальной спецификации, что подтверждает её наилучшее соответствие эмпирическим данным и позволяет рассматривать её в качестве основной модели для последующей интерпретации результатов. Как видно из

таблицы 1, именно данная модель обеспечивает наилучшее качество подгонки. Следовательно, учёт иерархической структуры наблюдений является необходимым условием корректного эконометрического анализа.

Оценки коэффициентов наилучшей модели, представленные в таблице 2, показывают, что переменные, характеризующие численность студентов математических и инженерных направлений подготовки, не достигают уровня статистической значимости. Для математических направлений оценка коэффициента близка к нулю, а отношение интенсивностей IRR равно 1,01, что указывает на практически полное отсутствие содержательно значимого эффекта. Для инженерных направлений IRR составляет 0,985, то есть изменение ожидаемого числа изобретений также статистически неотличимо от нейтрального воздействия.

Результаты оценки случайных эффектов заслуживают отдельного внимания. Дисперсия случайного эффекта региона составила 1,695, тогда как дисперсия случайного эффекта вуза оказалась практически нулевой. Это позволяет заключить, что основная необъяснённая вариация числа изобретений локализуется на региональном уровне. Тем самым эмпирически подтверждается гипотеза о том, что для анализируемых данных региональная инновационная среда играет более важную роль, чем различия между отдельными вузами внутри одного региона.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наблюдаемая в более простых моделях связь в значительной степени отражала межрегиональные различия, а не самостоятельное влияние контингента студентов. Иными словами, регионы с более развитой образовательной и инновационной инфраструктурой одновременно концентрируют и более крупные контингенты студентов инженерного профиля, и более высокий уровень изобретательской активности. После контроля этого структурного эффекта чистое влияние численности студентов перестаёт быть статистически различимым.

**Таблица 1.** Сравнение качества альтернативных моделей.

Модель	Акаике	Байесовский информационный критерий
Смешанная отрицательно-биномиальная модель	3091,955	3159,001
Отрицательно-биномиальная модель	3839,402	3898,067
Пуассоновская модель	7014,295	7068,769

**Таблица 2.** Ключевые оценки многоуровневой отрицательно-биномиальной модели.

Параметр	Оценка	p-value	IRR	Интерпретация
M	0,007	0,727	1,01	Статистически незначим
E	-0,015	0,464	0,985	Статистически незначим
year <sub>f2015</sub>	0,266	0,000016	1,30	Рост относительно 2014 г.
year <sub>f2016</sub>	0,238	0,000187	1,27	Рост относительно 2014 г.
year <sub>2018</sub>	-0,277	0,000107	0,758	Снижение относительно 2014 г.
year <sub>2021</sub>	-0,252	0,000937	0,778	Снижение относительно 2014 г.
year <sub>2022</sub>	-0,243	0,001590	0,785	Снижение относительно 2014 г.

Дополнительный важный результат связан с оценками случайных эффектов. Дисперсия случайного эффекта региона оказалась высокой, тогда как дисперсия случайного эффекта вуза практически равна нулю. Это означает, что основная необъяснённая вариация числа изоб-

ретений формируется на региональном уровне. Следовательно, результативный показатель в большей степени определяется региональной инновационной средой, чем различиями между отдельными вузами внутри регионов.

### Библиографический список

1. Герасимова Е. Б., Никифорова Е. В., Петров А. М. Методики аналитического обеспечения оценки функционирования особых экономических зон. – М. : Спутник+, 2023. – 316 с. – ISBN 978-5-9973-6588-2. – EDN BOPMDE.
2. Ибрагимова Р. С. Роль университетов в инновационно-технологическом развитии национальной экономики: обзор российского и зарубежного опыта : Ежегодник. Материалы XXI Национальной научной конференции с международным участием, Москва, 16–17 декабря 2021 года. Выпуск 17. Часть 1 // Россия: тенденции и перспективы развития. – М. : Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2022. – С. 814–816. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-universitetov-v-innovatsionno-tehnologicheskom-razviti-natsionalnoy-ekonomiki-obzor-rossiyskogo-i-zarubezhnogo-opyta/viewer> (дата обр. 24.03.2026). – EDN GTTTGX.
3. Канева М. А., Унтура Г. А. Модели оценки влияния экономики знаний на экономический рост и инновации регионов. – Новосибирск : Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 2021. – 255 с. – ISBN 978-5-89665-361-5. – URL: [http://lib.ieie.nsc.ru/docs/2021/Kaneva\\_Untura\\_Modeli\\_ocenki.pdf](http://lib.ieie.nsc.ru/docs/2021/Kaneva_Untura_Modeli_ocenki.pdf) (дата обр. 24.03.2026). – EDN VKDHXM.
4. Многоуровневая подготовка инженерных кадров в контексте непрерывного образования / А. Д. Плутенко [и др.] // Вестник Томского государственного университета. – 2019. – № 439. – С. 178–184. – DOI: [10.17223/15617793/439/25](https://doi.org/10.17223/15617793/439/25). – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_37275940\\_26339089.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37275940_26339089.pdf) (дата обр. 24.03.2026). – EDN GWTASO.
5. Петрова О. А. Применение нейросетевого моделирования для анализа эффективности принятия бизнес-решений // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 323–329. – DOI: [10.29039/2409-6024-2024-12-3-323-329](https://doi.org/10.29039/2409-6024-2024-12-3-323-329). – EDN EUBWUC.
6. Репина А. А. Технологическое развитие производства: вклад научных организаций и вузов. – URL: <https://issek.hse.ru/>

- [mirror/pubs/share/835862818.pdf](#) (дата обр. 24.03.2026).
7. Рудченко В. Н. Инновационный человеческий капитал: сущность, особенности и связь с инновациями // Экономика и управление. – 2015. – 11(121). – С. 57–62. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_25061232\\_31977822.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25061232_31977822.pdf) (дата обр. 24.03.2026). – EDN VCKUHJ.
  8. Социология: методология, методы, математическое моделирование. – 2016. – № 43. – URL: <https://www.hse.ru/data/2019/07/09/1480014561/Volchenko-Shirokanova.pdf> (дата обр. 24.03.2026).
  9. Факторы инновационной активности регионов России: что важнее – человек или капитал? / С. Земцов [и др.] // Форсайт. – 2016. – Т. 10, № 2. – С. 29–42. – DOI: [10.17323/1995-459X.2016.2.29.42](https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.2.29.42). – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_26294833\\_44189126.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26294833_44189126.pdf) (дата обр. 24.03.2026). – EDN WDKQVH.
  10. Burnham K. P., Anderson D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection // Sociological Methods & Research. – 2004. – Nov. – Vol. 33, no. 2. – P. 261–304. – ISSN 1552-8294. – DOI: [10.1177/0049124104268644](https://doi.org/10.1177/0049124104268644).