

УДК 331.56

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РЕАЛИЗАЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0

Масыч М. А., Никитаева А. Ю.

Южный федеральный университет, Ростов–на–Дону, Российская Федерация

E-mail: tamasych@sfsedu.ru

Исследование проводится с позиций высокой актуальности реализации новой промышленной политики и цифровой трансформации в русле Индустрии 4.0 для российских регионов. В работе на основе результатов теоретического анализа показано, что успешное внедрение технологий Четвертой промышленной революции напрямую коррелирует с наличием достаточного количества квалифицированных кадров, а также присутствует обратное воздействие цифровых решений на человеческие ресурсы. Обзор работ ведущих исследователей показывает, что высшее образование, профессиональное развитие и соответствие новым требованиям рынка труда являются ключевыми факторами успеха в условиях Индустрии 4.0. В эмпирической части работы проанализированы показатели развития субъектов РФ и страны в целом в заданном контексте, а также построена модель множественной регрессии. Это позволило сделать вывод, во-первых, о в целом положительной динамике в реализации Четвертой промышленной революции, во-вторых, о высокой роли квалифицированных человеческих ресурсов в активизации инновационной деятельности, необходимой для индустриальных преобразований. В заключении акцентируется внимание на важности учета взаимовлияния технологий Индустрии 4.0, таких как искусственный интеллект и большие данные, и человеческих ресурсов, что открывает новые горизонты для дальнейших исследований и практических решений в области управления кадрами и промышленной политики.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, цифровая экономика, высшее образование, человеческие ресурсы, передовые технологии.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время реализация новой промышленной политики и цифровой трансформации в русле Индустрии 4.0 (Четвертой промышленной революции) является приоритетной задачей для всех российских регионов. Это обусловлено тем, что данный вектор развития позволяет максимально задействовать эндогенный потенциал территорий с учетом их высокой социально-экономической дифференциации и имеющейся ресурсной ограниченности, обеспечить повышение производительности и эффективности деятельности хозяйствующих субъектов на базе сквозных технологий и новых бизнес-моделей, перейти к новым механизмам управления и устойчивого развития. В целом, это дает возможность создать условия для достижения Национальных целей РФ (Указ о национальных целях развития России до 2030 года). При этом осуществление Индустрии 4.0, практическое воплощение новой индустриализации напрямую сопряжено с качеством человеческих ресурсов. С одной стороны, это связано с необходимостью наличия достаточного количества кадров с новыми компетенциями для осуществления цифровой трансформации на всех уровнях иерархии экономики (что подтверждает также наличие и содержание Федерального проекта «Кадры для цифровой экономики») [1; 2]. С другой стороны, для отечественной хозяйственной системы данное утверждение обусловлено также отсутствием демографических резервов для развития рынка труда [3; 4]. Тем не менее, эмпирически для российской экономики взаимосвязь и взаимообусловленность индустриального развития и человеческих

ресурсов не получила к настоящему времени достаточного подтверждения.

Связь Индустрии 4.0 с человеческими ресурсами в последние годы изучается в работах ведущих исследователей в различных аспектах и ракурсах.

Так, Aghion P. и Howitt P. показывают, что существует значимая положительная взаимосвязь между высшим образованием и близостью страны к технологическому фронтиру, увязывают скорость принятия людьми новых технологий с уровнем (и продолжительностью) образования [5].

Аузан А. А. в своих исследованиях подчеркивает [6], что для цифровой трансформации требуется ценностный выбор, использование культурных особенностей, смена институционально-экономической модели образования.

Jaroslav Vrchota et al. отмечают, что образование и дальнейшее профессиональное развитие являются важными ключевыми факторами для достижения целей Индустрии 4.0, что связано с существенным изменением востребованных трудовых навыков сотрудников. Что касается роли человека в Индустрии 4.0 в целом, то требования к профессиональным, социальным и личностным компетенциям будут возрастать [7].

Umasankar Murugesan с соавторами утверждают, что в Индустрии 4.0 кадровые возможности играют более важную роль (по сравнению с другими факторами) и дают организации преимущество [8]. Аналогичной точки зрения придерживаются T. Mihova and I. Ivanova, подчеркивая ключевую роль человеческих ресурсов в реализации цифровой трансформации бизнес-процессов на болгарских промышленных предприятиях [9]. Несмотря на то, что в основе Индустрии 4.0 лежат новые disruptive технологии, цифровая трансформация требует присущих человеку навыков для обеспечения удобства и эффективности применения соответствующих технологий [10]. Повышение интеллектуальности технологических систем и генерация сложных данных определяют необходимость повышения квалификации работников для принятия решений в самых разных областях работы [11; 12]. Verma A. и Venkatesan M. также приводят комплекс аргументов относительно того, что человеческие ресурсы являются важным фактором успеха в реализации Индустрии 4.0 и предлагают возможные решения для управления персоналом с использованием потенциала Четвертой промышленной революции, способствующие осуществлению последней [13].

С учетом этого следует говорить, безусловно, о взаимовлиянии технологий Индустрии 4.0 (особенно искусственного интеллекта, больших данных, блокчейн) и человеческих ресурсов. Ряд исследований посвящен изучению воздействия Индустрии 4.0 на человеческие ресурсы [14–16] и соответствующие функции и системы управления [17–19].

В свою очередь, Picinin C. T. и соавторы показывают на основе наукометрического анализа, что постепенно темы, связанные с управлением человеческими ресурсами, стали включаться в исследования по Индустрии 4.0, и отдельно исследователи демонстрируют важность изучения вопросов образования и профессиональной подготовки работников в заданном контексте новой промышленной революции [20].

Важно также отметить, что согласно позиции, которые высказывают Эскиндаров М. А., Грузина Ю. М., Харчилава Х. П., Мельничук М. В., в отсутствии человеческого капитала цифровая экономика невозможна, необходимостью в современных условиях является обеспечение квалификации человеческих ресурсов в отношении инновационных и технологических тенденций, что требует особого внимания к образовательным учреждениям. Ученые связывают формирование высокотехнологичных и наукоемких отраслей страны с изменениями, которые приносит человеческий капитал [21].

При этом Устинова Л. Н., Аракелова А. О. исследуют взаимовлияние развития человеческих ресурсов и технологических решений Индустрии 4.0 (в том числе в части интеллектуальных инструментов развития человеческого капитала) и делают вывод о непрерывном повышении качества человеческого капитала как главном приоритете в инновационном управлении [22].

Аналогично, именно качеству работников как главному фактору цифровой трансформации и реализации различных технологических аспектов Индустрии 4.0. уделяют основное внимание Николаев И. С., Воронов В. В., Шиляев С. А. [23].

Аналогичную позицию занимает Масалова Ю. А., подчеркивая важность развития человеческих ресурсов для цифровой трансформации и успешного развития экономики, акцентируя при этом особое внимание на цифровых компетенциях высококвалифицированных работников [24].

При этом, согласно результатам обследования, проведенного специалистами Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, для компаний, применяющих искусственный интеллект (ключевая сквозная технология Индустрии 4.0), нехватка компетентных в области искусственного интеллекта работников и дефицит у сотрудников необходимых навыков оказались одними из ключевых барьеров для применения таких технологий [25].

Таким образом, в теоретической плоскости показано, что человеческие ресурсы с продолжительным периодом обучения в багаже и более высоким уровнем образования оказывают значительное влияние на скорость и успех реализации Индустрии 4.0. Однако исследований, обеспечивающих эмпирическую верификацию соответствующего утверждения, степень и масштабы указанного влияния, в настоящий момент времени недостаточно. Это свидетельствует об актуальности изучения научной проблемы, состоящей в отсутствии достаточно точных представлений о влиянии человеческих ресурсов на Индустрию 4.0 в современных российских условиях. Учитывая важность достижения технологического лидерства страны с использованием потенциала технологий Четвертой промышленной революции, получение новых эмпирических знаний в этой области позволит более обоснованно формировать инновационную, научно-технологическую и кадровую политику страны.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Анализ показателей развития Индустрии 4.0 как на уровне страны, так и в разрезе субъектов Российской Федерации имеет несколько ключевых аспектов,

которые подчеркивают его важность. Такой анализ позволяет оценить общую готовность страны к внедрению сквозных технологий Индустрии 4.0, помогает понять, какие регионы наиболее готовы к цифровизации, какие области требуют поддержки и инвестиций. Данные анализа могут служить основой для разработки государственной стратегии по поддержке и развитию цифровой экономики, а также выявлению потребности в квалифицированных кадрах, что, в свою очередь, позволит адаптировать образовательные программы под требования рынка. Проведем анализ показателей, которые, на наш взгляд, имеют непосредственное отношение к формированию и развитию цифровой экономики и Индустрии 4.0.

Так, внутренние затраты на развитие цифровой экономики имеют положительную тенденцию и за 4 года выросли на 735 662,7 млн. руб. (на 30 % от уровня 2019 года) (рис. 1).

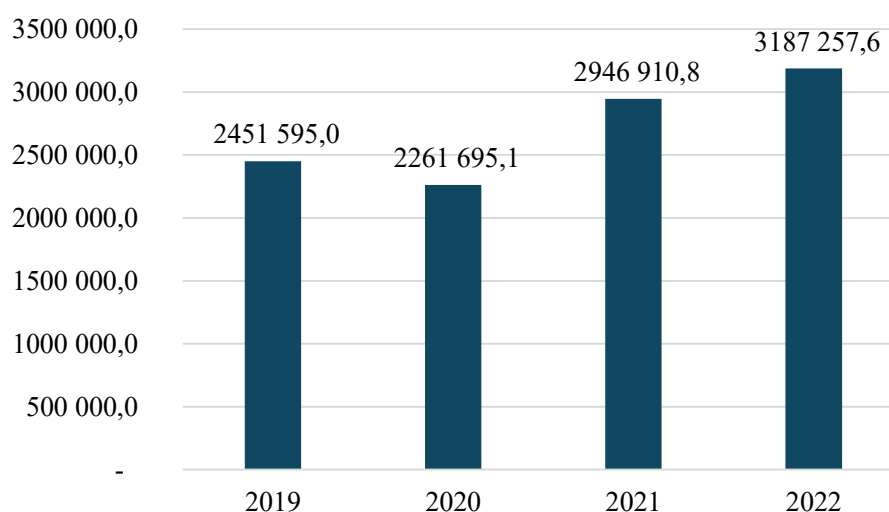


Рисунок 1. Внутренние затраты на развитие цифровой экономики за счет всех источников в РФ, млн руб.

Источник: [26]

Динамика объема инновационных товаров, работ, услуг в целом по Российской Федерации имеет положительный характер (рост с 1243712,5 млн руб. до 6377248,5 млн руб.), темп роста составил 512,8 % за 12 лет. Схожую динамику показывает и общий объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг – 487,1 % в 2022 году относительно 2010 года (рис. 2).

Анализируя уровень инновационной активности организаций в разрезе федеральных округов, можно отметить, что Приволжский федеральный округ показывает максимальные значения с 2019 года по сравнению с остальными округами и страной в целом. Так, в 2022 году значение показателя составило 15,9 %, в то время как по РФ в целом – 11 % (рис. 3).

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РЕАЛИЗАЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0



Рисунок 2. Объем отгруженных товаров, работ, услуг в РФ, в том числе инновационных, млн руб.

Источник: [26]

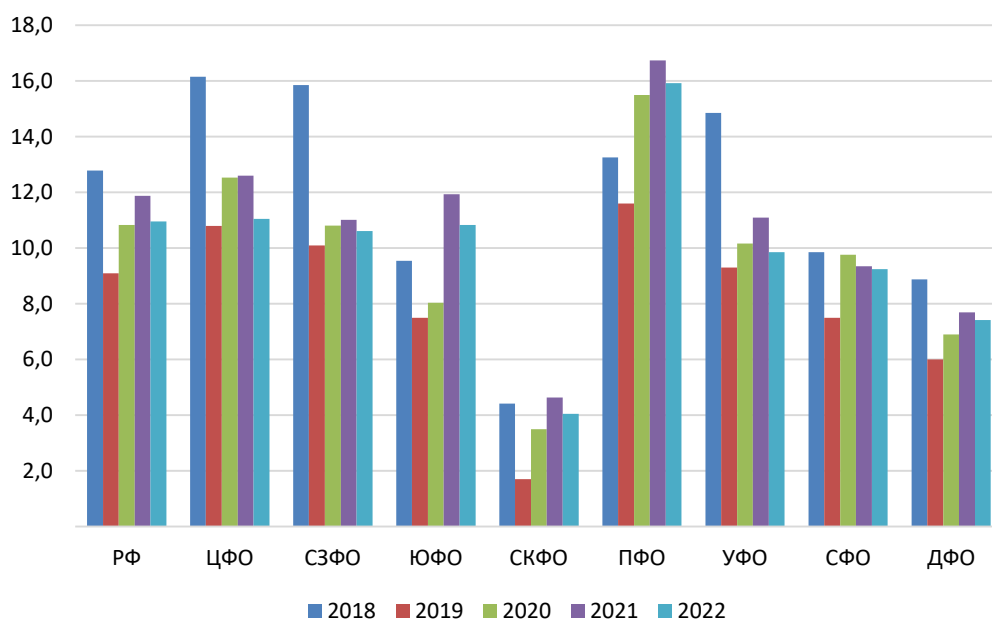


Рисунок 3. Уровень инновационной активности организаций, по федеральным округам и Российской Федерации в целом, %

Источник: [26]

Анализируя использование цифровых технологий организациями, можно отметить, что предприятия только начинают применять в своей деятельности технологии искусственного интеллекта, интернет вещей, геоинформационные системы и цифровые платформы, причем их доля с 2020 по 2023 год изменилась незначительно (рис. 4).

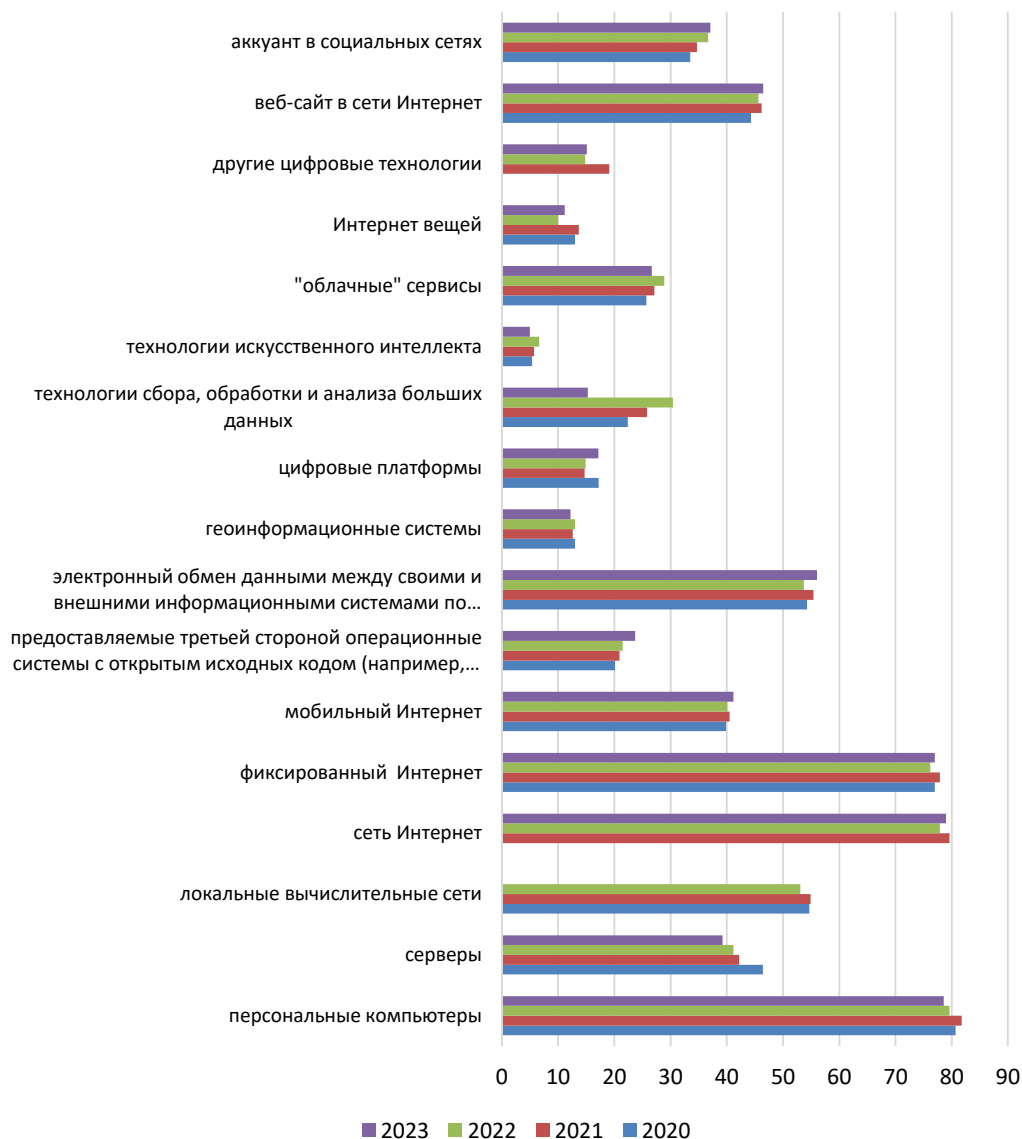


Рисунок 4. Удельный вес организаций, использовавших цифровые технологии, по Российской Федерации (в процентах от общего числа обследованных организаций)

Источник: [26]

Важным индикатором, отражающим уровень развития цифровой экономики страны, выступает показатель разработанных передовых производственных технологий. Суммарное значение этого показателя имело положительную тенденцию с 2000 года, особенно резкий скачок наблюдается с 2010 по 2013 годы. Наибольшими темпами развивались «производство, обработка и сборка», «проектирование и инжиниринг», «связь и управление», «аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля» (рис. 5).

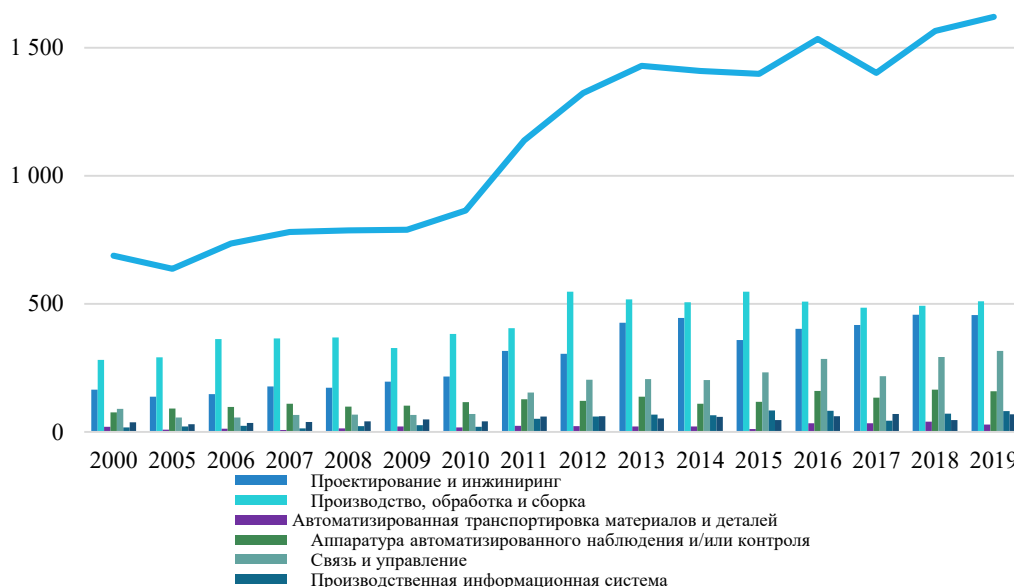


Рисунок 5. Разработанные передовые производственные технологии по группам передовых производственных технологий по Российской Федерации (2000–2019 гг.), единиц

Источник: [26]

С 2020 года начала применяться новая классификация передовых производственных технологий, здесь можно наблюдать положительную динамику по «производству, обработке, транспортировке и сборке», «производственная информационная система и автоматизация управления производством», а также «технологии промышленных вычислений и больших данных» (рис. 6).

В контексте проводимого исследования нельзя обойти вниманием численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками. По этому показателю ситуация не вызывает оптимизма, так как наблюдается отрицательная динамика с 2000 по 2022 годы: резкое сокращение численности в первые 10 лет (с 2000 по 2010 годы на 151 189 человек), в 2022 году значение показателя составило 669 870. Таким образом, сокращение численности персонала, занятого научными исследованиями и разработками, за 12 лет составило 217 859 человек или на 24,5 % (рис. 7).

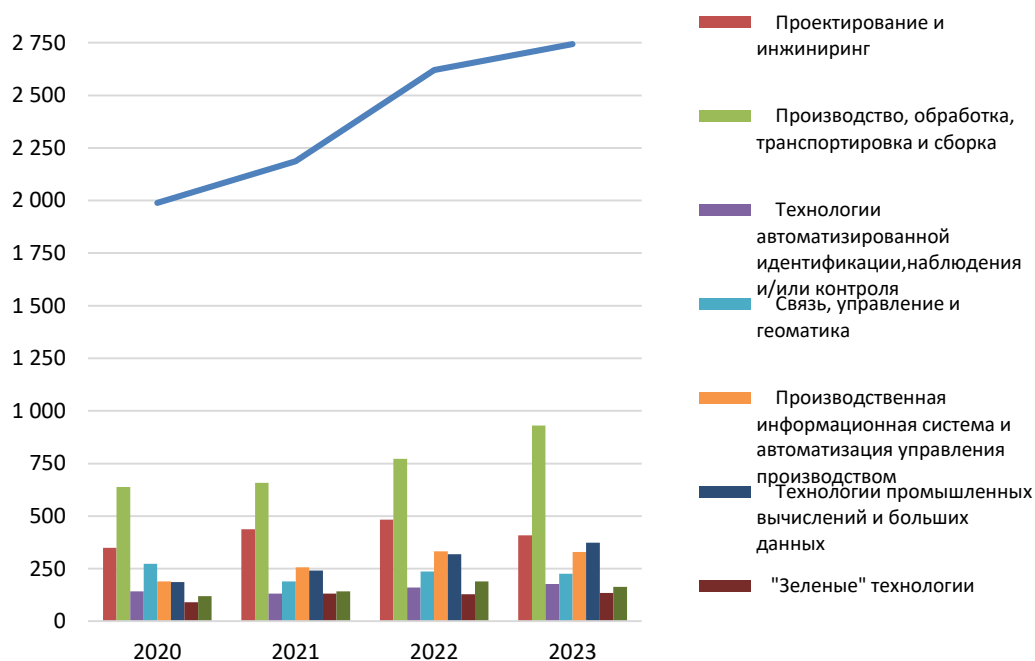


Рисунок 6. Разработанные передовые производственные технологии по группам передовых производственных технологий по Российской Федерации (2020–2023 гг.), единиц

Источник: [26]

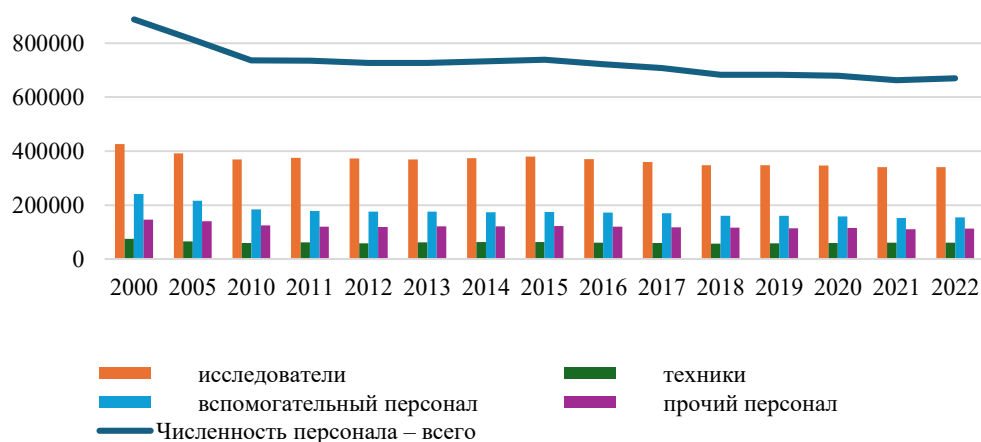


Рисунок 7. Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по категориям по Российской Федерации, человек

Источник: [26]

Численность студентов может оказывать значительное влияние на объем инновационных товаров, работ и услуг, а, соответственно, и на развитие Индустрии 4.0, в частности, по таким причинам: большее количество квалифицированных специалистов способствует росту числа стартапов и исследовательских проектов; студенты, особенно на уровне магистратуры и аспирантуры, часто участвуют в научных исследованиях и разработках, что в перспективе может привести к созданию новых продуктов и услуг, а также к улучшению существующих технологий.

Анализируя данный показатель в динамике с 2017/2018 учебного года в течение 6 лет, можно отметить значительное сокращение численности студентов в 2020–2022 годах (на 201,7 тыс. чел.) и рост на 85,8 тыс. чел. в 2022/2023 учебном году по сравнению с 2021/2022 учебным годом (рис. 8).

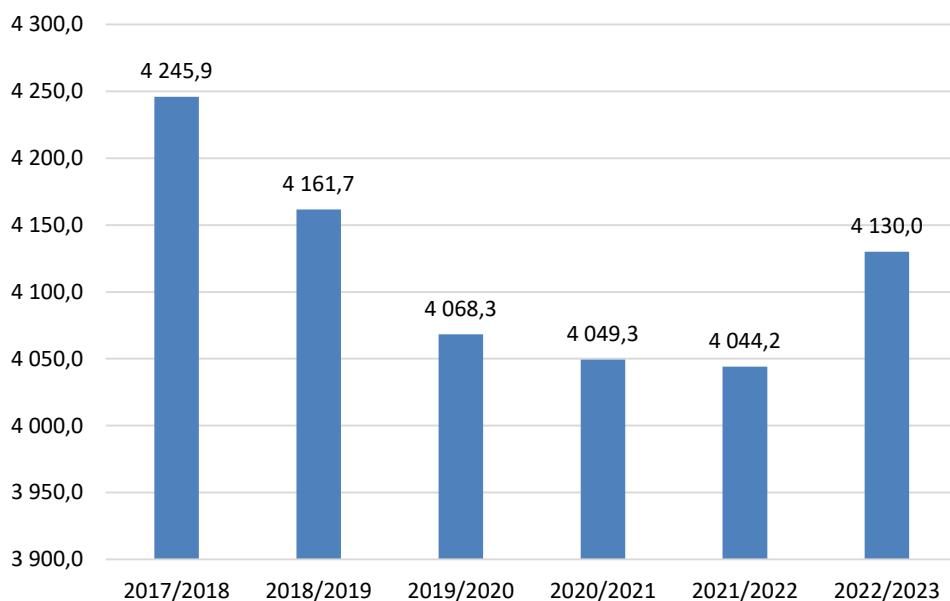


Рисунок 8. Численность студентов по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры по Российской Федерации, тыс. чел.

Источник: [26]

Увеличение численности студентов может привести к более активному сотрудничеству между учебными заведениями и предприятиями реального сектора. Предприятия могут привлекать студентов для стажировок и проектов, прохождению практик, что способствует переносу знаний и технологий, а также разработке новых решений, отвечающих потребностям рынка.

Таким образом, в целом можно говорить о положительных тенденциях для развития Индустрии 4.0 в России.

Для подтверждения гипотезы о том, что человеческие ресурсы играют немаловажную роль в формировании и развитии Индустрии 4.0, в ходе исследования проведен регрессионный анализ с использованием программного пакета для

эконометрического анализа Gretl.

Анализ проведен на данных по субъектам РФ [26]. В частности, в качестве зависимой переменной (регрессанта) взят показатель объема инновационных товаров, работ, услуг, по субъектам Российской Федерации, млн руб. (y), как показатель, отражающий уровень развития Индустрии 4.0. Независимыми переменными выступили: уровень инновационной активности организаций, % ($x1$); удельный вес малых предприятий, осуществлявших технологические инновации в отчетном году, в общем числе обследованных малых предприятий, % ($x2$); удельный вес малых предприятий, осуществлявших инновационную деятельность в отчетном году, в общем числе обследованных малых предприятий, % ($x3$); численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, человек ($x4$); внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн руб. ($x5$); валовой региональный продукт на душу населения, руб. ($x6$); численность студентов организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура), человек ($x7$); разработанные передовые производственные технологии ($x8$), ед.

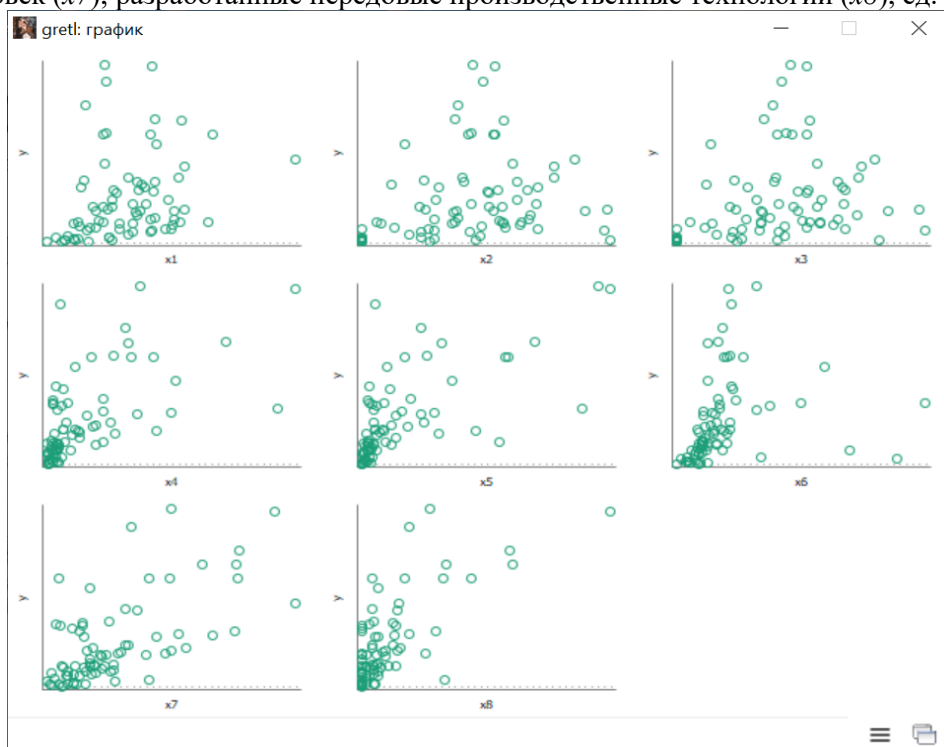


Рисунок 9. Графики рассеивания, показывающие взаимосвязь переменных y и $x1-x8$

Источник: расчеты проведены в процессе исследования

Первым шагом анализа было определение выбросов, после чего из выборки убраны такие объекты исследования, как Москва, Московская область, Санкт–

Петербург, Нижегородская область, Тюменская область, Республика Татарстан, с целью сделать выборку более однородной. Графический анализ взаимосвязи переменных (на основе построения графиков рассеивания) показал, что между переменными x_1 , x_2 , x_3 и переменной y связь практически отсутствует (рис. 9).

Также графически можно идентифицировать присутствие мультиколлинеарности между переменными x_2 и x_3 , а также между x_4 и x_5 (рис. 10), что также подтверждается корреляционной матрицей (рис. 11).

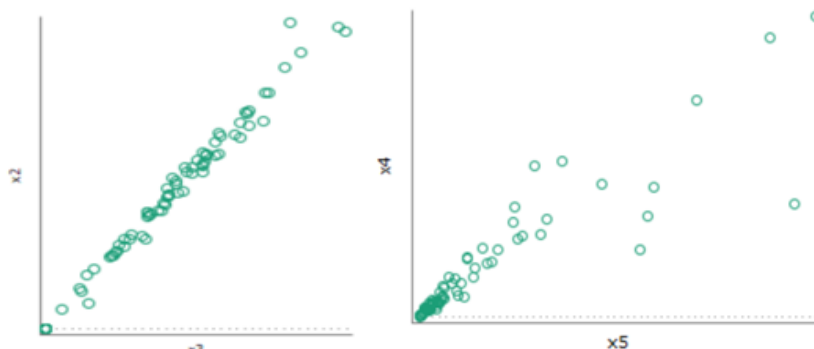


Рисунок 10. Графики рассеивания, показывающие взаимосвязь переменных x_2 и x_3 , x_4 и x_5

Источник: расчеты проведены в процессе исследования

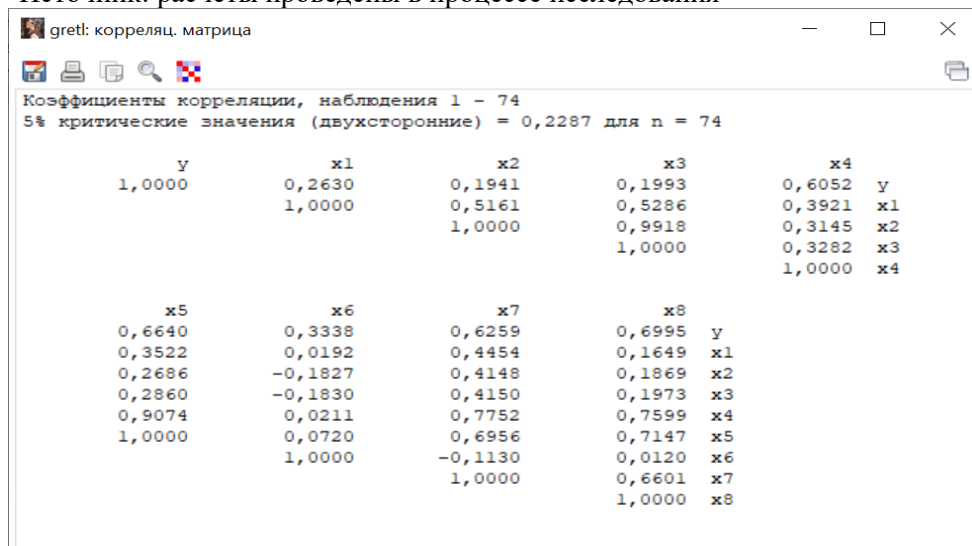


Рисунок 11. Корреляционная матрица

Источник: расчеты проведены в процессе исследования

Таким образом, проводим регрессионный анализ, используя независимые переменные x_5 – x_8 . Результаты представлены на рис. 12.

gretl: модель 2

Файл Правка Тесты Сохранить Графики Анализ LaTeX

Модель 2: МНК, использованы наблюдения 1-74
Зависимая переменная: y

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
const	-177170	138583	-1,278	0,2054	
x5	15,1278	11,1332	1,359	0,1786	
x6	0,645688	0,128365	5,030	3,72e-06	***
x7	9,15332	3,06190	2,989	0,0039	***
x8	13813,1	3690,99	3,742	0,0004	***

Среднее завис. перемен 905353,7 Ст. откл. завис. перемен 877445,4
Сумма кв. остатков 1,80e+13 Ст. ошибка модели 511229,5
R-квадрат 0,679138 Исправ. R-квадрат 0,660538
F(4, 69) 36,51148 Р-значение (F) 2,27e-16
Лог. правдоподобие -1075,111 Крит. Акаике 2160,223
Крит. Шварца 2171,743 Крит. Хеннана-Куинна 2164,819

обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

Исключая константу, наибольшее p-значение получено для переменной 6 (x5)

Рисунок 12. Результаты регрессии с переменными x5–x8

Источник: расчеты проведены в процессе исследования

Переменная x5 и const статистически незначимы – убираем их из анализа, получаем результаты, представленные на рис. 13.

gretl: модель 4

Файл Правка Тесты Сохранить Графики Анализ LaTeX

Модель 4: МНК, использованы наблюдения 1-76
Зависимая переменная: y

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
x6	0,430836	0,0813745	5,294	1,21e-06	***
x7	9,72248	2,31861	4,193	7,63e-05	***
x8	16981,1	3374,94	5,032	3,38e-06	***

Среднее завис. перемен 883613,7
Ст. откл. завис. перемен 875864,5
Сумма кв. остатков 2,09e+13
Ст. ошибка модели 535027,1
Нецентрированный R-квадрат 0,821205
Центрированный R-квадрат 0,636805
F(3, 73) 111,7628
Р-значение (F) 3,22e-27
Лог. правдоподобие -1108,754
Крит. Акаике 2223,509
Крит. Шварца 2230,501
Крит. Хеннана-Куинна 2226,303

обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

Рисунок 13. Результаты регрессии с переменными x6–x8

Источник: расчеты проведены в процессе исследования

Изначально при расчетах задавался 5 % уровень значимости. По результатам расчетов видим, что p -значения для x_6 составляет 0,000000372, для x_7 – 0,0039, для x_8 – 0,0004, что меньше 0,01. Таким образом коэффициенты регрессии значимы не только на 5 % уровне, но и на 1 % уровне значимости. Уравнение регрессии будет иметь вид:

$$\hat{y} = + 0,431 \cdot x_6 + 9,72 \cdot x_7 + 1,70 \cdot 10^4 \cdot x_8$$

Прежде всего, нужно отметить тесную связь (а в экономическом смысле взаимообусловленность) валового регионального продукта на душу населения и инновационных товаров, работ, услуг. В данном случае общий экономический рост оказывает благоприятное воздействие на инновационную среду и активизирует результативную инновационную деятельность. В свою очередь, инновации также выступают драйвером экономического роста, что нужно принимать во внимание. Не менее значимым является то, что при увеличении численности студентов организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) на 1 человека (x_7), объем инновационных товаров, работ, услуг увеличится на 9,72 млн руб. (y) при неизменных значениях x_6 и x_8 ; при увеличении разработанных передовых производственных технологий на 1 ед. объем инновационных товаров, работ, услуг увеличится на 16981 млн руб. Данные результаты позволяют сделать однозначный вывод об эмпирически подтверждаемом значительном положительном влиянии кадров высокой квалификации на инновации.

Множественный коэффициент корреляции составляет 0,91, что показывает тесную связь между переменными x_6 – x_8 и переменной y . Коэффициент детерминации R -квадрат = 0,821, то есть изменение объема инновационных товаров, работ, услуг на 82,1 % описывается изменением переменных x_6 – x_8 (валовой региональный продукт на душу населения (x_6); численность студентов организаций, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) (x_7); разработанные передовые производственные технологии (x_8)). На графике также можно отметить, что построенная регрессионная модель достаточно точно описывает характер явления (рис. 14).

Также для обоснования использования модели необходимо проверить, является ли полученная модель адекватной. Для этого, в свою очередь, необходимо провести ряд эконометрических тестов, а именно: проверить значимость регрессии в целом, значимость отдельных коэффициентов регрессии, оценить качество полученного регрессионного уравнения.

Тест Фишера позволяет проверить незначимость регрессии в целом: нулевая гипотеза при этом $H_0: \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_2 = \dots = 0$, т. е. все коэффициенты регрессии равны 0, альтернативная гипотеза H_1 : как минимум один коэффициент отличен от нуля. Нулевая гипотеза отвергается при условии, что расчетное значение критерия Фишера больше его критического (табличного значения). Расчетное значение критерия Фишера по результатам вычисления равно 111,76 (см. рис. 13), и значительно больше критического (табличного) значения, составляющего 2,73. Таким образом, нулевая гипотеза о незначимости регрессии в целом отвергается.

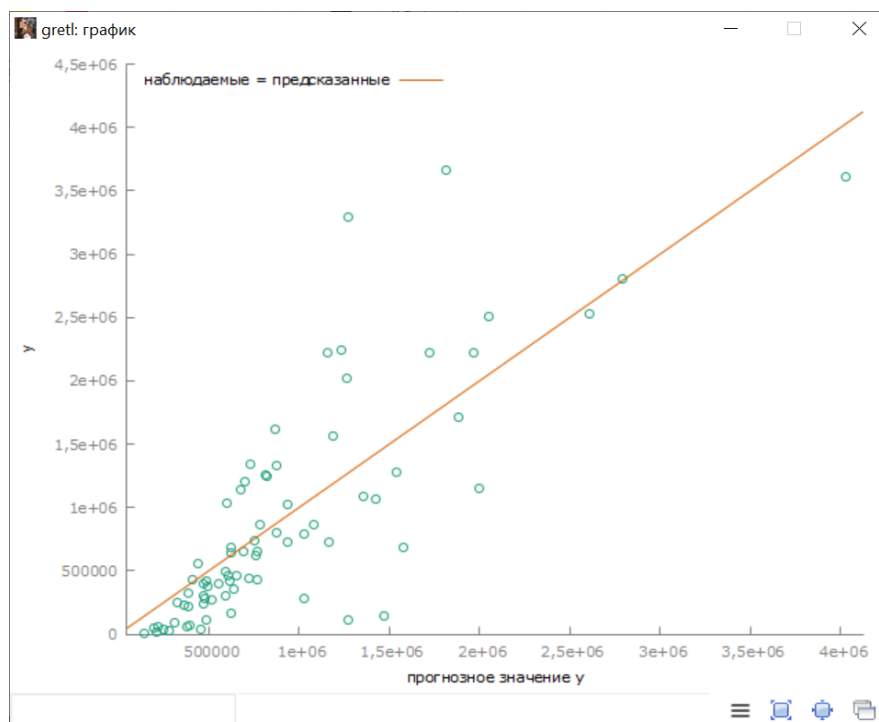


Рисунок 14. Линия регрессии

Источник: расчеты проведены в процессе исследования

Далее проверим незначимость коэффициентов при отдельных регрессорах. Для этой цели воспользуемся тестом Стьюдента. В качестве нулевой гипотезы выдвигается гипотеза о том, что коэффициент при регрессоре признается равным нулю, соответственно регрессор считается незначимым ($H_0: \hat{\beta}_i = 0$). Альтернативная гипотеза – коэффициент при регрессоре не равен нулю, т. е. регрессор считается значимым ($H_1: \hat{\beta}_i \neq 0$). Нулевая гипотеза отвергается, если расчетное абсолютное значение t -статистики больше критического (табличного) значения. По результатам регрессионного анализа t -статистика для регрессора x_6 составляет 5,294, для x_7 – 4,193, для x_8 – 5,032. Все значения больше критического (табличного значения), которое составляет 1,993. То есть нулевая гипотеза отвергается, и регрессоры x_6 – x_8 признаются статистически значимыми.

Значимость регрессоров также можно проверить по доверительным интервалам при 5 % уровне значимости. Для переменной x_6 интервал [0,269; 0,593], для x_7 [5,101; 14,344], для x_8 [10254,8; 23707,3]. Во всех интервалах отсутствует 0, что подтверждает значимость коэффициентов регрессии и, соответственно, самих регрессоров.

Для проверки функциональной формы (спецификации) модели проведем тест Рамсея в Gretl, p -значение получилось равным 0,438, т. е. больше 0,05, что значит, что нулевая гипотеза подтверждается – функциональная форма (спецификация)

модели является приемлемой (регрессия имеет линейный характер).

Проведенный регрессионный анализ подтверждает тезис о значимости человеческих ресурсов для развития индустрии 4.0.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования подчеркивают важность взаимосвязи между развитием Индустрии 4.0 и качеством человеческих ресурсов для российской экономики. В условиях цифровой трансформации, инициируемой новой промышленной политикой, становится очевидным, что успешное внедрение технологий требует не только технической базы, но и наличия квалифицированных кадров, способных адаптироваться к новым условиям.

Как показывают результаты, существует прямая корреляция между уровнем образования и способностью работников осваивать новые технологии. Это согласуется с выводами Aghion и Howitt [5] о том, что более высокий уровень образования способствует более быстрой интеграции инноваций. В условиях ограниченности демографических резервов для развития рынка труда в России акцент на образовательные программы и повышение квалификации становится особенно актуальным.

Исследования Аузана [6] и других ученых подчеркивают необходимость изменения институционально-экономической модели образования для соответствия требованиям цифровой экономики. Это подтверждает необходимость формирования новых образовательных стандартов, которые учитывали бы не только теоретические знания, но и практические навыки, необходимые для работы с современными технологиями.

Кроме того, результаты показывают, что человеческие ресурсы становятся одним из ключевых факторов успеха в реализации проектов Индустрии 4.0. Как отмечают Murugesan [8] и другие, кадровые возможности играют более значимую роль по сравнению с другими факторами, что подчеркивает необходимость стратегического подхода к управлению персоналом. Это также согласуется с выводами Verma и Venkatesan [13] о том, что управление человеческими ресурсами должно быть адаптировано к новым вызовам, создаваемым Четвертой промышленной революцией.

Таким образом, результаты исследования подтверждают гипотезу о взаимовлиянии технологий Индустрии 4.0 и человеческих ресурсов. Для успешной реализации цифровой трансформации в России необходимо не только внедрение новых технологий, но и создание системы подготовки кадров, способных эффективно работать в условиях быстро меняющейся экономической среды. Это требует комплексного подхода со стороны государства, образовательных учреждений и бизнеса для формирования эффективной экосистемы, способствующей развитию человеческого капитала в контексте Индустрии 4.0.

В исследовании на основе применения методов теоретического (библиометрический и контент-анализ) и эмпирического (статистический и эконометрический анализ) анализа показано, что человеческие ресурсы высокого

уровня квалификации играют важную роль в реализации Четвертой промышленной революции. Приращение эмпирического знания в данной области позволяет лучше понять природу взаимосвязи и взаимовлияния человеческих ресурсов с определенными качественными характеристиками и Индустрии 4.0, что определяет практическую значимость исследования. При этом важно обратить внимание на то, что это положительное воздействие не проявляется в изолированном формате. Сопряжение общего экономического роста, создания новых производственных технологий и роста числа кадров с высшим образованием (соответствующего качества и с учетом продолжения обучения на протяжении всей жизни) требуется для обеспечения роста объемов инновационных товаров, работ и услуг, без чего сложно говорить о практическом воплощении Новой промышленной революции. В этой связи требуется также сопряженно и согласованно формировать новую промышленную, инновационную, региональную и кадровую политику в стране.

Список литературы

1. Михалкина Д. А., Никитаева А. Ю. Концептуализация цифровых стратегий развития человеческих ресурсов: региональный аспект // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11. № 2. С. 82–95. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.2.8>.
2. Nikitaeva A. Yu., Bondarev M. G., Masych M. A., Dolgova O. I. The circular economy skills: regional dimension // R-Economy. 2024. № 10 (1), С. 21–40. DOI: 10.15826/recon.2024.10.1.002.
3. Производительность труда и российский человеческий капитал: парадоксы взаимосвязи? [Текст]: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / В. Е. Гимпельсон (рук. авт. кол.), Д. А. Авдеева, Н. В. Акиндинова и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 61 с.
4. Масыч М. А. Привлечение NEET-молодежи в систему образования и на рынок труда: инструменты государственного регулирования // Цифровая экономика и инновации. 2024. № 1. С. 39–48. DOI: 10.18323/2221-5689-2024-1-39-48.
5. Aghion P., Howitt P. Chapter 2 Growth with Quality-Improving Innovations: An Integrated Framework // Handbook of Economic Growth, 2005. Pp. 67–110. DOI:10.1016/s1574-0684(05)01002-6.
6. Аузан А. А. Цифровая экономика: фактор человеческого капитала, 2019. 20 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=58670&p=attachment>.
7. Vrchota J., Maříková M., Řehoř P., Rolínek L., Toušek R. Human Resources Readiness for Industry 4.0 // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2020. Vol. 6. 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc6010003>.
8. Murugesan U., Subramanian P., Srivastava S., Dwivedi A. A study of Artificial Intelligence impacts on Human Resource Digitalization in Industry 4.0 // Decision Analytics Journal. 2023. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100249>.
9. Mihova T., Ivanova I. Industry 4.0 – Challenge to Human Resources // ETR. 2021. Vol. 2. Pp. 112–115. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2021vol2.6561>.
10. Silva L. B. P., Soltovski R., Pontes J., Treinta F. T., Leitão P., Mosconi E., Resende L. M. M., Yoshino R. T. Human resources management 4.0: Literature review and trends // Computers & Industrial Engineering. 2022. Vol. 168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108111>.
11. Cagliano R., Canterino F., Longoni A., Bartezzaghi E. The interplay between smart manufacturing technologies and work organization: The role of technological complexity // International Journal of Operations and Production Management. 2019. 39. Pp. 913–934. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2019-0093.
12. Jerman A., Pejić Bach M., Aleksić A. Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies // Systems Research and Behavioral Science. 2020. Vol. 37 (2). Pp. 388–402. DOI: 10.1002/sres.2657.
13. Verma A., Venkatesan M. HR factors for the successful implementation of Industry 4.0: A systematic literature review // Journal of General Management. 2022. Vol. 47 (2). Pp. 73–85. DOI: <https://doi.org/10.1177/03063070211019141>.

14. Ertz M., Skali A. Impact of Industry 4.0 on Human Resources Systems: The Emergence of Work 4.0. In R. Leon, R. Rodriguez-Rodriguez, & J. Alfaro-Saiz (Eds.), *Increasing Supply Chain Performance in Digital Society*. IGI Global. 2022. Pp. 278–303. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9715-6.ch014>.
15. Adamková H. G. Industry 4.0 brings changes in human resources // SHS Web of Conferences «Current Problems of the Corporate Sector». 2020. Vol. 83. P. 1016. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208301016>.
16. Achelia E., Asmara I. J., Berliana N. G. Professionals and Technicians for Industry 4.0 // *International Journal of Social Science and Humanity*. 2019. Vol. 9. Issue 3. Pp. 63–67. DOI: 10.18178/ijssh.2019.9.3.992.
17. Harahap N. J., Rafika M. Industrial Revolution 4.0: and The Impact on Human Resources // *Ecobisma (Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Manajemen)*. 2020. Vol. 7. Issue 1. Pp. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.36987/ecobi.v7i1.1545>.
18. Shreesha R. A systematic review of the implementation of Industry 4.0 in human resources // *BOHR International Journal of Operations Management Research and Practices*. 2023. Vol. 2 (1). Pp. 64–69. DOI: <https://doi.org/10.54646/bijomrp.2023.19>.
19. Putra A., Muslim M. A. The Literature Review Analysis of The Human Resources Development in The Industry Era 4.0 Towards The Era of society 5.0 // *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*. 2024. Vol. 20. Pp. 16–24. DOI: <https://doi.org/10.47577/technium.v20i.10719>.
20. Picinin C. T., Pedroso B., Arnold M., Klafke R. V., Pinto G. M. C. A Review of the Literature about Sustainability in the Work of the Future: An Overview of Industry 4.0 and Human Resources // *Sustainability*. 2023. Vol. 15 (16). DOI: <https://doi.org/10.3390/su151612564>.
21. Эскиндаров М. А., Грузина Ю. М., Харчилава Х. П., Мельничук М. В. Роль человеческого капитала в цифровой экономике на институциональном и региональном уровнях // *Экономика региона*. 2022. № 18 (4). С. 1105–1120. DOI: <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-4-10>.
22. Устинова Л. Н., Аракелова А. О. Технологии управления человеческими ресурсами на основе цифрового подхода // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2021. Т. 14. № 6. С. 40–52. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.14603>.
23. Николаев И. С., Воронов В. В., Шилиев С. А. Роль человека в Индустрии 4.0 и ее перспективы 2021. № 62–1. Pp. 49–56. DOI: [doi:10.24412/3162-2364-2021-62-1-49-56](https://doi.org/10.24412/3162-2364-2021-62-1-49-56).
24. Масалова Ю. А. Формирование требуемого качества человеческих ресурсов в условиях цифровизации экономики // *Экономика труда*. 2020. Т. 7. № 12. С. 1149–1164. DOI: 10.18334/et.7.12.111439.
25. Демьянова А. В., Талакаускас Д. С. Обеспеченность организаций кадрами с компетенциями в области искусственного интеллекта // *Искусственный интеллект. Серия информационно-аналитических материалов ИСИЭЗ НИУ ВШЭ*. 2024. № 12. [Электронный ресурс]. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/991609598.pdf>
26. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru>.

Статья поступила в редакцию 23.12.2024