

## НОВЫЕ РОЛИ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**С.А. Баркалов**, [sbarkalov@vgasu.vrn.ru](mailto:sbarkalov@vgasu.vrn.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6183-3004>

**Е.А. Авдеева**, [avdeeva\\_ea@mail.ru](mailto:avdeeva_ea@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5736-6175>

**Т.А. Аверина**, [ta\\_averina@mail.ru](mailto:ta_averina@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9150-9018>

**Н.Ю. Калинина**, [ka\\_nat@bk.ru](mailto:ka_nat@bk.ru)

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия*

**Аннотация.** Глобальные изменения, происходящие в экономике под влиянием цифровизации и автоматизации, неизбежны, и обществу необходимо принимать и учитывать их положительные и отрицательные стороны. **Целью исследования** является изучение структуры и специфики взаимодействия людей и технологий и влияния новых технологий на рабочую среду и процесс, выделение положительных и негативных сторон. **Теоретико-методологической основой** исследования являются работы отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам цифровизации и автоматизации промышленности, возможностям и угрозам перехода к Индустрии 5.0. **Результаты.** Основная мысль концепции – это человекоцентричность – люди и искусственный интеллект как команда. Это обеспечит устойчивое и стабильное производство, позволит снизить затраты в будущем. Структура этого взаимодействия между двумя подсистемами влияет на производительность и эффективность всей системы, а также на здоровье, мотивацию и удовлетворенность сотрудников и благоприятно отражается на будущем развитии. Подчеркнуто, что сотрудничество между людьми и машинами направлено на использование уникальных сильных сторон каждого участника. Автоматизация – это не замена человека, а расширение его возможностей. Это особенно актуально для задач, требующих творчества, критического мышления и принятия сложных решений, в областях, где необходимы человеческая интуиция и изобретательность. Предметом исследования концепции «Индустрия 5.0» стала новая роль людей в производственном процессе. Человек-работник больше связан с информацией и менее уязвим для атак благодаря технологии. Объектом исследования явились цифровые технологии, помогающие, в первую очередь, решить главную проблему нехватки рабочей силы, передавая сложные и утомительные задачи роботам. Это позволяет людям сконцентрироваться и заняться разработкой более взвешенных управленческих решений. Благодаря передовой аналитике и искусственному интеллекту производители могут понять индивидуальные потребности и предпочтения клиентов. Эти данные затем используются для настройки продуктов в процессе производства, обеспечивая уровень персонализации, который ранее считался непрактичным в масштабах. Массовая индивидуализация позволяет выпускать более широкий спектр типов продукции без огромных отходов и загрязнения, поскольку такую индивидуализацию можно производить на одних и тех же производственных линиях с использованием повторно используемых материалов и компонентов. **Заключение.** В статье обобщены плюсы Индустрии 5.0: сокращение сроков и повышение эффективности процессов, их видимость и прозрачность в реальном времени, высокая удовлетворенность клиентов, лучшая безопасность труда и большие возможности управления рисками, эргономика и экологическая устойчивость. Также выделены самые большие препятствия для внедрения технологий: высокие инвестиционные затраты, а также интеграция и нехватка квалифицированных сотрудников.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация промышленности, Индустрия 5.0, социотехническая система, человекоцентричность

**Для цитирования:** Новые роли работников в условиях цифровой трансформации промышленности / С.А. Баркалов, Е.А. Авдеева, Т.А. Аверина, Н.Ю. Калинина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2024. Т. 24, № 2. С. 87–96. DOI: 10.14529/ctcr240208

Original article  
DOI: 10.14529/ctcr240208

## NEW ROLES OF EMPLOYEES IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN INDUSTRY

**S.A. Barkalov**, [sbarkalov@vgasu.vrn.ru](mailto:sbarkalov@vgasu.vrn.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6183-3004>

**E.A. Avdeeva**, [avdeeva\\_ea@mail.ru](mailto:avdeeva_ea@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5736-6175>

**T.A. Averina**, [ta\\_averina@mail.ru](mailto:ta_averina@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9150-9018>

**N.Yu. Kalinina**, [ka\\_nat@bk.ru](mailto:ka_nat@bk.ru)

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

**Abstract.** Global changes taking place in the economy under the influence of digitalization and automation are inevitable, and society needs to accept and take into account their positive and negative aspects. **The research objective** is to study the structure and specifics of the interaction between people and technology and the impact of new technologies on the work environment and process, highlighting the positive and negative aspects. **The theoretical and methodological basis of the study** is the work of domestic and foreign researchers devoted to issues of digitalization and automation in industry, opportunities and threats of the transition to Industry 5.0. **Results.** The main idea of the concept is human-centricity – people and artificial intelligence as a team. This will ensure sustainable and stable production, reducing costs in the future. The structure of this interaction between the two subsystems affects the productivity and efficiency of the entire system, as well as the health, motivation and satisfaction of employees and has a positive impact on future development. It is emphasized that collaboration between humans and machines is aimed at leveraging the unique strengths of each participant. Automation is not about replacing humans, but about expanding their capabilities. This is especially true for tasks that require creativity, critical thinking, and complex decision making – areas that require human intuition and ingenuity. The subject of the study of the Industry 5.0 concept was the new role of people in the production process. The human worker is more connected to information and less vulnerable to attack thanks to technology. The object of the study was digital technologies that help, first of all, to solve the main problem of labor shortages by transferring complex and tedious tasks to robots. This allows people to concentrate and develop more informed management decisions. Thanks to advanced analytics and artificial intelligence, manufacturers can understand the individual needs and preferences of customers. This data is then used to customize products during production, providing a level of personalization that was previously considered impractical at scale. Mass customization allows for a wider range of product types to be produced without huge amounts of waste and pollution because such customization can be done on the same production lines using reused materials and components. **Conclusion.** The article summarizes the advantages of Industry 5.0: reduced time and increased efficiency of processes, their visibility and transparency in real time, high customer satisfaction, better occupational safety and greater risk management capabilities, ergonomics and environmental sustainability. The biggest barriers to technology adoption are also highlighted: high investment costs, as well as integration and lack of qualified employees.

**Keywords:** digital transformation in industry, Industry 5.0, socio-technical system, human-centricity

**For citation:** Barkalov S.A., Avdeeva E.A., Averina T.A., Kalinina N.Yu. New roles of employees in the conditions of digital transformation in industry. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2024;24(2):87–96. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr240208

### Введение

Целью трансформации промышленности является повышение качества и эффективности труда при радикальном изменении его условий: рабочей среды и рабочего процесса. Прежде всего в цифровом производственном секторе будут развиваться следующие сферы деятельности: передовая промышленная робототехника, промышленный интернет вещей, электрические транспортные средства и промышленная биотехнология. Внедрение новых технологических возможностей будет иметь последствия не только для производственного процесса, но и для условий труда тех, кто занят в этом процессе, а также изменятся требования работодателей к сотрудникам [1, 2]. Новая парадигма «Индустрия 5.0» открывает возможности создания устойчивой, ориенти-

рованной на человека и жизнестойкой промышленности [3]. Люди являются важной частью каждой технической системы, например, проектировщик, менеджер, специалист по техническому обслуживанию или оператор. Социотехническая система, состоящая из двух частей – людей и технологий, – может управляться и оптимизироваться только посредством взаимодействия обеих подсистем.

### Материалы и методы

Социально-технологические изменения уже вошли в нашу жизнь – это автоматические кассы в супермаркетах, сетевая логистика от производства до покупателя, а в области высококвалифицированных рабочих мест – алгоритмы самообучения (боты) и большие данные. В производстве и снабжении используются самообучающиеся роботы. На очереди беспилотные автомобили.

Возможности организации сложных структур, производства индивидуализированной продукции и более эффективной работы являются многообещающими. Цифровизация и Индустрия 4.0 легко удовлетворяют эти пожелания: сегодня они позволяют нам производить больше индивидуальных продуктов в массовом масштабе. В тройке лидеров в рейтинге мировой цифровой конкурентоспособности IMD 2023 года оказались США, Нидерланды и Сингапур. Ключевым фактором успеха стали инвестиции в образование и предоставление тех навыков, которые необходимы рынку труда [4].

Почему необходима перестройка Индустрии 4.0? В конечном счете за всеми концепциями, характерными для Индустрии 4.0 и развития умных заводов, стоят усилия по созданию более эффективных процессов. Киберфизические системы (CPS), искусственный интеллект, большие данные, сети и промышленный интернет вещей позволяют автоматизировать и оптимизировать все этапы цепочки создания стоимости [5, 6].

Большая эффективность в конечном итоге означает более высокие продажи независимо от размера компании. Тот факт, что инвестиционные затраты и нехватка квалифицированной рабочей силы во многих отраслях и компаниях по-прежнему препятствуют более широкому использованию технологий Индустрии 4.0, не меняет уже достигнутого потенциала и успехов. Индустрия 5.0 объединяет навыки людей и машин и способствует созданию более целостной и взаимосвязанной производственной экосистемы.

Цели Индустрии 5.0 можно резюмировать следующим образом (рис. 1).

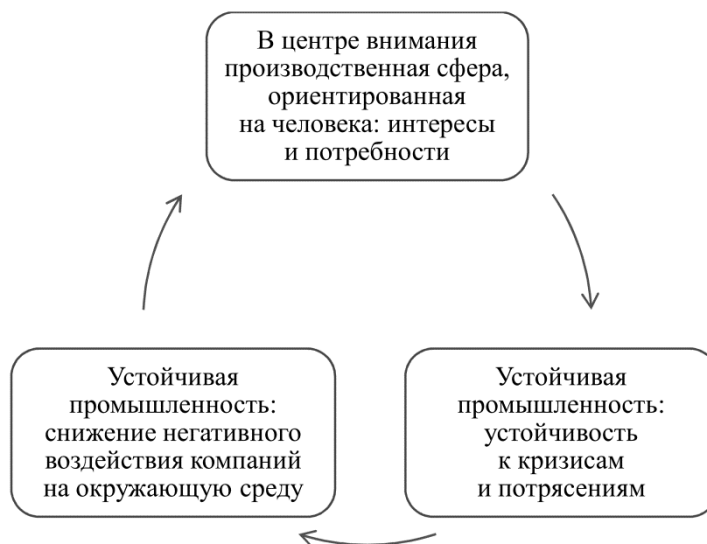


Рис. 1. Цели Индустрии 5.0  
Fig. 1. Goals of Industry 5.0

Прежде всего достижение этих целей требует целенаправленного использования искусственного интеллекта. Он имитирует когнитивные способности человека, распознавая и сортируя информацию из входных данных. Этот интеллект может быть основан на запрограммированных процессах или создан с помощью машинного обучения [7].

За последние годы достигнут большой прогресс, особенно в области машинного обучения. В первую очередь это связано с растущей доступностью больших объемов данных и высокой вычислительной мощностью, которые являются основным требованием для сложных вычислений машинного обучения.

В процессах машинного обучения алгоритм учится выполнять задачу самостоятельно посредством повторения. Машина основана на заданном критерии качества и информативности данных. В отличие от традиционных алгоритмов, путь решения не моделируется. Компьютер учится самостоятельно распознавать структуру данных. Например, роботы могут научиться захватывать определенные объекты, чтобы транспортировать их из пункта А в пункт Б. Им лишь говорят, откуда и куда следует перевезти предметы. Как именно робот захватывает, можно узнать путем многократных проб и ошибок, а также благодаря отзывам об успешных попытках.

Подобластью машинного обучения являются нейронные сети. Эти алгоритмы обучения основаны на связях нервных клеток человеческого мозга. Мозг обрабатывает информацию через нейроны и синапсы. Аналогично, искусственные нейронные сети состоят из нескольких рядов узлов данных, которые соединены друг с другом взвешенными соединениями.

Нейронная сеть обучается путем многократного предоставления ей данных. Благодаря этому повторению нейронная сеть каждый раз учится более точно классифицировать данные. Это работает путем постоянной корректировки веса отдельных связей между слоями нейронов. Модель, созданная в ходе обучающих прогонов, затем может быть применена к данным, о которых искусственный интеллект (ИИ) еще не узнал во время обучения.

Если нейронные сети имеют скрытые слои нейронов, которые не связаны напрямую с входным или выходным слоем, они называются «глубокими нейронными сетями». Глубокие нейронные сети могут иметь сотни тысяч или миллионы слоев нейронов. Это означает, что все более сложные проблемы можно решать с помощью так называемого глубокого обучения [8–10].

Обучение ИИ используется в самых разных областях: распознавание речи – в системах голосовой помощи, машинное зрение – в медицинской диагностике или распознавании лиц, семантическое распознавание речи позволяет приложениям для контекстно-зависимого перевода или чат-ботам самостоятельно генерировать осмысленные решения, распознавание образов: ИИ может изучать закономерности ошибок в автомобильной электронике на основе данных и сравнивать эти аномалии с поведением во время эксплуатации.

Его цель ни в коем случае не заменить человеческий труд, а, скорее, упростить и улучшить его. Для этого ИИ использует большие объемы различных данных из производства, чтобы интуитивно генерировать новые идеи. Например, он оптимизирует анализ первопричин проблем на производстве, может прогнозировать предстоящие сбои, позволяя принять превентивные меры до того, как сбой произойдет. Это происходит в режиме реального времени и может быть связано с сигналами тревоги при превышении определенных пороговых значений. В таких случаях операторы станков получают немедленные инструкции о том, как себя вести, чтобы снизить текущий риск повреждения, предотвратить несчастный случай на производстве или остановку производства. Более того, в этом сценарии ИИ может предоставлять контрмеры в виде инструкций оператору в режиме реального времени, что позволяет немедленно решать проблемы.

Еще одна сфера деятельности ИИ – устойчивое развитие. Помимо прочего, алгоритмы могут помочь выявить нерациональное потребление энергии или обнаружить отходы (например, лом). На этой основе решения искусственного интеллекта затем создают предложения по улучшению, реализация которых напрямую способствует сокращению выбросов CO<sub>2</sub> и повышению эффективности использования ресурсов.

В целом влияние автоматизации на занятость сильнее в производстве, чем в сфере услуг, из-за более высокой доли рутинных задач и меньшей зависимости от таких задач, как общение и обслуживание клиентов. Хотя технологии автоматизации, такие как роботы, уже являются обычным явлением в производстве, они только начинают получать более широкое распространение в сфере услуг из-за менее структурированной рабочей среды и менее повторяющегося содержания работы. Так или иначе, в некоторых секторах услуг, таких как логистика и транспорт, влияние автоматизации на занятость уже заметно, и оно начинает проявляться в других, таких как банковские и финансовые услуги. В середине 2022 года по данным Еврофонда оценки потерь рабочих мест, вызванные автоматизацией, варьировались от 10 до 15 %.

## Результаты

Новые возможности трудоустройства и потребности в навыках возникнут в связи с внедрением и обслуживанием технологий автоматизации. Примерами являются разработчики роботов, интеграторы робототехнических систем, а также специалисты по программированию и обслуживанию роботов.

Ожидается, что автоматизация, особенно в небольших компаниях, изменит профили должностей, таких как руководители, бизнес-администраторы и менеджеры по персоналу. Сотрудники такого типа должны научиться управлять интеграцией технологий автоматизации на рабочем месте, а также использовать возможности и смягчать проблемы, связанные с изменениями в задачах и процессах.

Возникает вопрос о влиянии этой трансформации на людей: какое место они занимают в отрасли, в которой большое количество задач автоматизировано и выполняется машинами?

Поэтому в рамках Индустрии 5.0 основное внимание должно снова быть сосредоточено на людях. Таким образом, цифровая трансформация отрасли более тесно связана с социальным развитием.

Концепция «Индустрия 5.0» направлена на оптимизацию сотрудничества между людьми и роботами или интеллектуальными машинами. Люди намеренно добавляются в качестве дополнительного компонента к основам Индустрии 4.0 (автоматизация и эффективность).

Проанализируем новые роли людей, взаимодействующих с современной технической системой.

Во-первых, помимо непосредственно затронутых сотрудников этот процесс также затрагивает отделы ИТ и разработки, поскольку им приходится (совместно) разрабатывать, устанавливать, дорабатывать, обслуживать и поддерживать новые системы. В рамках нового процесса обеспечение качества также потребует выполнения различных задач. Кроме того, меняются предшествующие и последующие этапы производственного процесса – могут возникнуть новые задачи по мере того, как можно будет производить больше продукции.

Во-вторых, ожидается, что сотрудники помимо прочих задач, которые они теперь могут взять на себя, возьмут на себя еще и задачу по поддержке системы в неясных случаях. В пограничных случаях машина может попросить принять решение нажатием кнопки ввода. Сотрудники лучше всего подготовлены для выполнения этой задачи и могут наиболее надежно обеспечить быструю поддержку принятия решений.

В-третьих, это изначально облегчение, так как отпадает необходимость постоянной концентрации на конвейере с напряженным восприятием, а на экране отображаются только конкретные случаи. Опасения сокращения рабочих мест также следует принимать во внимание.

В-четвертых, возможные действия, которые можно предпринять в связи с этим изменением, разнообразны. По мере увеличения производительности всей системы другие задачи, вероятно, станут более важными и, возможно, потребуют поддержки. С этой целью можно было бы заранее разработать новые сферы ответственности с участием сотрудников и провести учебные курсы, чтобы развеять страх потерять работу. Кроме того, сотрудников необходимо обучить работе в новой системе, которую они теперь будут поддерживать. Ротация должностей может улучшить социальное взаимодействие и разнообразие задач. Страхи и намерения сменить работодателя можно преодолеть с помощью дальновидного, прозрачного и комплексного процесса внедрения.

Рассмотрим ряд примеров. Гибридные системы комплектования, автономные мобильные складские роботы и люди-сборщики совместно выполняют рабочие задачи, это то, что даёт преимущества в стоимости и гибкости по сравнению с чисто ручными или автоматизированными системами. В транспортной логистике используются интеллектуальные «носители грузов». Они собирают информацию с помощью различных датчиков и делают ненужными действия по ручному поиску и регистрации. Автономные летающие дроны могут использоваться для замены ручной внутренней транспортировки материалов и трудоёмкой ручной инвентаризации на складе. Кроме того, интеллектуальные системы освещения во внутренней логистике могут не только экономить затраты на электроэнергию, но и привести к улучшению операционных процессов [11].

Таким образом, идея «Оператора 4.0», разработанная в 2016 году, предполагает другой подход к улучшению сотрудничества человека и машины, ориентированный на людей. Он основан на расширении навыков сотрудников с помощью технологических средств, а не на замене их роботами.

В результате была создана типология с восемью различными «операторами», которые могут сыграть важную роль в промышленном производстве в будущем (рис. 2).



Рис. 2. Типология промышленных операторов будущего  
Fig. 2. Typology of industrial operators in the future

Такая типология может помочь найти новые роли для сотрудников посредством технологической поддержки в различных областях производственного процесса. В большинстве случаев технические средства уже доступны, например, устройства дополненной реальности для анализа проблем.

Этот аспект Индустрии 5.0 чрезвычайно ориентирован на людей, поскольку такие вещи, как сокращение цепочек поставок для снижения транспортных расходов и воздействия на окружающую среду, в первую очередь приносят пользу людям и окружающей среде. Сотрудники-люди имеют лучшие возможности для принятия решений, основанных на нарушениях в цепочке поставок из-за политических событий, стихийных бедствий и т. д. Для автономных систем непрактично и невыгодно полностью контролировать цепочку поставок, поскольку они оторваны от общества и глобальных событий. Только люди способны принимать целостные решения в нашей меняющейся среде за пределами завода.

Важно, чтобы сотрудник мог беспрепятственно переключаться между разными платформами и получать доступ к данным из разных источников [8].

Самыми большими препятствиями для внедрения технологий являются высокие инвестиционные затраты, а также интеграция и нехватка квалифицированных сотрудников.

Смещение фокуса сотрудничества человека и машины в пользу людей имеет еще один важный эффект: это поможет сделать рабочую среду более безопасной. Производственный сектор по-прежнему остается одним из секторов с самым высоким уровнем аварийности. В то же время особо сложные и повторяющиеся задачи, требующие больших физических нагрузок, могут выполнять роботы, что способствует снижению аварийности. Таким образом, можно в значительной степени предотвратить несчастные случаи на работе, которые происходят из-за невнимательности, усталости или недомоганий.

Устойчивое развитие уже является важной темой для Индустрии 4.0, например, в отношении потенциала автоматизированных процессов по снижению энергопотребления и контролю использования ресурсов. В контексте Индустрии 5.0 эта область становится еще более значимой.

Высококвалифицированные специалисты рынка труда Индустрии 5.0 должны обладать определенными навыками (рис. 3). Всемирный производственный форум собрал наиболее важные из этих навыков [12].

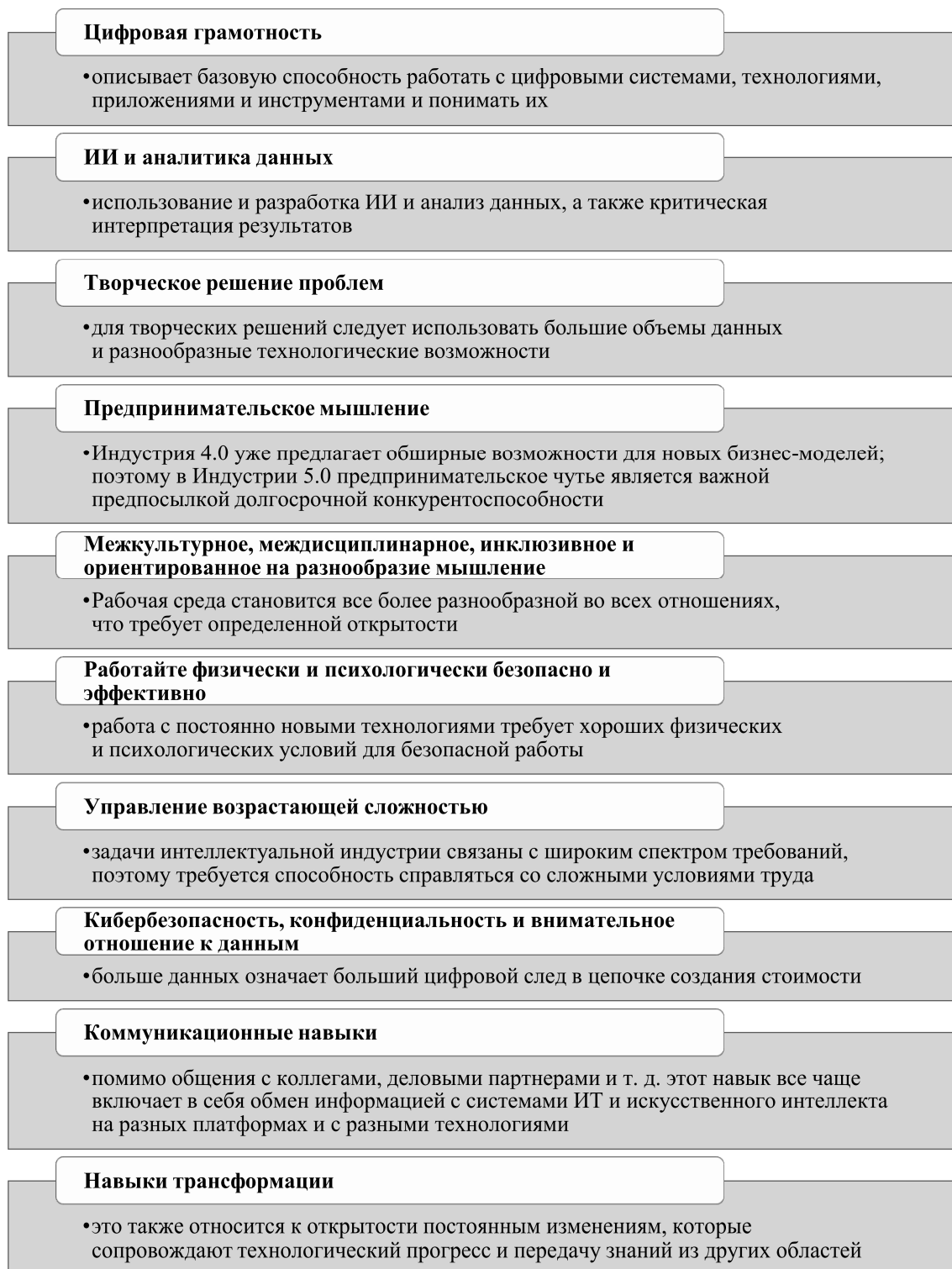


Рис. 3. Требуемые навыки работников промышленной сферы  
Fig. 3. Required skills of industrial workers

В документе Комиссии ЕС отмечается, что, строго говоря, только четыре из этих навыков попадают непосредственно в категорию «цифровых навыков». Остальные, однако, вращаются вокруг так называемых мягких навыков, таких как креативность, открытость и гибкость.

### Заключение

Таким образом, в то время как автоматизация берет на себя рутинные задачи, люди должны иметь возможность работать с передовыми технологиями. Программы повышения квалификации и переподготовки необходимы для обеспечения рабочей силы необходимыми цифровыми навыками, навыками решения проблем и способностью к адаптации [13].

Повышение квалификации – это концепция корпоративного обучения, в рамках которой сотрудникам предлагается расширить свои специальные знания путем приобретения углубленных знаний в нишевых областях или устранения пробелов в знаниях.

Переподготовка – это еще одна форма обучения внутри компании, при которой сотрудники могут получить дополнительную подготовку по ранее неизвестным квалификациям; это облегчает вход в различные отделы или рабочие зоны [14].

Правительствам и социальным партнерам необходимо продолжать свои усилия по повышению осведомленности и созданию культуры непрерывного обучения среди компаний, работников и общества [15], а также поддерживать пострадавшие предприятия и отдельных лиц путем консультирования, предоставления им адекватных предложений по обучению, финансирования образования и обучения.

### Список литературы

1. Авдеева Е.А., Аверина Т.А., Бутырина Н.А. Информационные технологии – главный фактор ускорения экономического роста и глобального развития // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: тр. V Международ. науч.-практ. конф. Новокузнецк, 2021. С. 419–423.
2. Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы: моногр. / О.В. Логиновский, А.А. Максимов, В.Н. Бурков и др.; под ред. О.В. Логиновского, А.А. Максимова. М.: Инфра-М, 2018. 410 с.
3. Афанасьев А.А. Цифровизация промышленности: теоретические основы и методология исследования // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 8. С. 2537–2556. DOI: 10.18334/epp.13.8.118634
4. Мировой рейтинг цифровой конкурентоспособности. URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/> (дата обращения: 16.01.2024).
5. Barkalov S.A., Averina T.A., Avdeeva E.A. Transformation of Organization Business Model in Conditions of Industry 5.0 // 2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). Lipetsk, Russian Federation, 2023. P. 499–503. DOI: 10.1109/SUMMA60232.2023.10349670
6. Smart control mechanisms for industrial enterprises / V.N. Burkov, O.V. Loginovskiy, O.I. Dranko, A.V. Holloy // Applied Mathematics and Control Sciences. 2020. No. 1. P. 56–69. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.1.04
7. Sotnikov D.V., Kravets O.Ja. A multi-module system for big data analysis based on machine learning // Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2023'AS). Proceedings of the XXVIII-th International Open Science Conference. Yelm, WA, USA, 2023. P. 198–205.
8. Лавренко Е.В., Мечикова М.Н. Цифровая трансформация промышленности: российский и зарубежный опыт // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2022. Т. 11, № 1. С. 47–52. DOI: 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51
9. Каширина И.Л., Азарнова Т.В., Бондаренко Ю.В. Разработка методов оценки эффективности человеческих ресурсов на основе алгоритмов глубокого обучения // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2 (86). С. 156–166.
10. Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS. URL: <https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html>.



11. Медякова Е.М., Стрельцов Г.Р. Цифровизация мирового рынка услуг // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. ISSN 1999-2645. № 3 (75). Номер статьи: 7503. Дата публикации: 25.07.2023. URL: <https://eee-region.ru/article/7503/> DOI: 10.24412/1999-2645-2023-375-23

12. World Manufacturing Forum 2022. URL: <https://worldmanufacturing.org/activities/world-manufacturing-forum-2022>.

13. Давыдова Т.Е., Авдеева Е.А. Конкурентоспособность и развитие человеческого потенциала в системе взаимодействия вузов и работодателей // Экономика и предпринимательство. 2018. № 1 (90). С. 668–671.

14. Давыдова Т.Е. Особенности трансформации образовательной деятельности университетов в цифровой экономике // Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства. Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2023. С. 173–176.

15. Barkalov S., Avdeeva E., Averina T. Features of the Lifelong Learning Concept Implementation // Proceedings – 2023 3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education, TELE 2023. 2023. P. 79–81 DOI: 10.1109/TELE58910.2023.10184367

### References

1. Avdeeva E.A., Averina T.A., Butyrina N.A. [Information Technology Is a Major Factor in Accelerating Economic Growth and Global Development]. In: *Modelirovanie i naukoemkie informatsionnye tekhnologii v tekhnicheskikh i sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh: trudy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modeling and High-Tech Information Technologies in Technical and Socio-Economic Systems: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference]. Novokuznetsk; 2021. P. 419–423. (In Russ.)

2. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A., Burkov V.N., Burkova I.V., Gelrud Ya.D., Korennaya K.A., Shestakov A.L. *Upravlenie promyshlennymi predpriyatiyami: strategii, mekhanizmy, sistemy: monografiya* [Management of Industrial Enterprises: Strategies, Mechanisms, Systems. Monograph]. Moscow: Infra-M; 2018. 410 p. (In Russ.)

3. Afanasev A.A. Digitalization of industry: theoretical foundations and research methodology. *Economics, Entrepreneurship and Law*. 2023;13(8):2537–2556. (In Russ.) DOI: 10.18334/epp.13.8.118634

4. World Digital Competitiveness Ranking. Available at: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/> (accessed 01/16/2024).

5. Barkalov S.A., Averina T.A., Avdeeva E.A. Transformation of Organization Business Model in Conditions of Industry 5.0. In: *2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. Lipetsk, Russian Federation; 2023. P. 499–503. DOI: 10.1109/SUMMA60232.2023.10349670

6. Burkov V.N., Loginovskiy O.V., Dranko O.I., Hollay A.V. Smart control mechanisms for industrial enterprises. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2020(1):56–69. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.1.04

7. Sotnikov D.V., Kravets O.Ja. A multi-module system for big data analysis based on machine learning. *Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis (MIP-2023'AS). Proceedings of the XXVIII-th International Open Science Conference*. Yelm, WA, USA; 2023. P. 198–205.

8. Lavrenko E.V., Mechikova M.N. Digital transformation of industry: Russian and foreign experience. *Herald of Siberian institute of business and information technologies*. 2022;11(1):47–52. (In Russ.) DOI: 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51

9. Kashirina I.L., Azarnova T.V., Bondarenko Yu.V. Development of methods for evaluating the effectiveness of human resources based on deep learning algorithms. *Engineering Journal of Don*. 2022;2(86):156–166. (In Russ.)

10. Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS. Available at: <https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html>.

11. Medyakova E.M., Streltsov G.R. Digitalization of the global services market. *Regional economy and management: electronic scientific journal*. ISSN 1999-2645. No. 3 (75). Art. no. 7503. Date issued: 25.07.2023. (In Russ.) Available at: <https://eee-region.ru/article/7503/> DOI: 10.24412/1999-2645-2023-375-23

12. World Manufacturing Forum 2022. Available at: <https://worldmanufacturing.org/activities/world-manufacturing-forum-2022>.

13. Davydova T.E., Avdeeva E.A. Competitiveness and human development in the system of interaction between universities and employers. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2018;1(90):668–671. (In Russ.)

14. Davydova T.E. Features of transformation of educational activities of universities in the digital economy. In: *Mekhanizm realizatsii strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya gosudarstva. Sbornik materialov XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Mechanism for Implementing the Strategy of Socio-economic Development of the State. Collection of Materials of the XV International Scientific and Practical Conference]. Makhachkala; 2023. P. 173–176. (In Russ.)

15. Barkalov S., Avdeeva E., Averina T. Features of the Lifelong Learning Concept Implementation. In: *Proceedings – 2023 3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education, TELE 2023*. 2023. P. 79–81 DOI: 10.1109/TELE58910.2023.10184367

#### ***Информация об авторах***

**Баркалов Сергей Алексеевич**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой управления, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия; [sbarkalov@vgasu.vrn.ru](mailto:sbarkalov@vgasu.vrn.ru).

**Авдеева Елена Александровна**, канд. экон. наук, доц., доц. кафедры цифровой и отраслевой экономики, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия; [avdeeva\\_ea@mail.ru](mailto:avdeeva_ea@mail.ru).

**Аверина Татьяна Александровна**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры управления, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия; [ta\\_averina@mail.ru](mailto:ta_averina@mail.ru).

**Калинина Наталия Юрьевна**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры управления, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия; [ka\\_nat@bk.ru](mailto:ka_nat@bk.ru).

#### ***Information about the authors***

**Sergey A. Barkalov**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of Management, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia; [sbarkalov@vgasu.vrn.ru](mailto:sbarkalov@vgasu.vrn.ru).

**Elena A. Avdeeva**, Cand. Sci. (Econ), Ass. Prof., Ass. Prof. of the Department of Digital and Industrial Economics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia; [avdeeva\\_ea@mail.ru](mailto:avdeeva_ea@mail.ru).

**Tatiana A. Averina**, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Ass. Prof. of the Department of Management, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia; [ta\\_averina@mail.ru](mailto:ta_averina@mail.ru).

**Natalia Yu. Kalinina**, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Ass. Prof. of the Department of Management, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia; [ka\\_nat@bk.ru](mailto:ka_nat@bk.ru).

***Статья поступила в редакцию 03.03.2024***

***The article was submitted 03.03.2024***