



отчет

# КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ПРОФЕССИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, МАШИНОСТРОЕНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РАЗВИТИЯ НАБОРА НАВЫКОВ ДЛЯ ПРОДУКТИВНОГО ТРУДОУСТРОЙСТВА

Исследование проведено в рамках проекта «Развитие инновационного потенциала молодежи для ускоренного устойчивого развития Беларуси», реализуемого ПРООН в партнерстве с Министерством образования Республики Беларусь при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации через Трастовый фонд «Российская Федерация – ПРООН в целях развития».

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений .....	3
1. ВВЕДЕНИЕ .....	4
2. РЕЗЮМЕ .....	6
3. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ.....	11
3.1. Аналитический обзор .....	12
3.2. Форсайт-сессии .....	14
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	16
4.1. Демографические условия Республики Беларусь .....	17
4.2. Рынок труда Республики Беларусь .....	19
4.3. Особенности текущего состояния и социально-экономического развития в пилотных секторах .....	21
4.3.1. Сельское хозяйство.....	21
4.3.2. Машиностроение.....	23
4.3.3. Строительство .....	25
4.4. Государственные стратегические приоритеты развития в пилотных секторах .....	27
4.5. Международные тенденции и тренды развития в пилотных секторах.....	29
4.5.1. Сельское хозяйство .....	29
4.5.2. Машиностроение.....	32
4.5.3. Строительство .....	34
4.6. Международный опыт в области развития профессионального образования .....	36
4.6.1. Российская Федерация.....	36
4.6.2. Страны Европейского союза .....	40
4.6.3. Выводы в части возможных направлений заимствования и адаптации опыта.....	43
4.7. Результаты проведенных форсайт-сессий ..	44
4.7.1. Сельское хозяйство .....	44
4.7.2. Машиностроение .....	50
4.7.3. Строительство.....	56
5. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ .....	63
6. РЕКОМЕНДАЦИИ .....	69
7. БИБЛИОГРАФИЯ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	79



# СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Демографические условия Республики Беларусь.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Рынок труда Республики Беларусь .....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Особенности текущего состояния и социально-экономического развития в пилотных секторах Республики Беларусь .....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Обзор национальных стратегических программ и документов .....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Международные тенденции и тренды развития в сельском хозяйстве .....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Международные тенденции и тренды развития в машиностроении .....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Международные тенденции и тренды развития в строительстве .....	145

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

AR	Дополненная реальность	ИТ	Информационные технологии
Big Data	Большие данные	кв. м.	Квадратный метр
BIM	Информационное моделирование зданий	МВД	Министерство внутренних дел
HP-RTM	Трансферное литье смол под высоким давлением	млн	Миллион
IMD	Технология «декорирование в форме»	млрд	Миллиард
IoT	Интернет вещей	НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
LFT	Термопласты, армированные длинными волокнами	ПОО	Система профессионального образования
R&D	Исследования и разработки	ПРООН	Программа развития Организации объединенных наций
SMC	Компаунд для литьевого формования	РИПО	Учреждение образования «Республиканский институт профессионального образования»
Soft skills	Гибкие навыки, комплекс умений и компетенций общего характера, тесно связанных с личностными качествами, и не относящихся к профессиональным знаниям	руб.	Белорусский рубль
VR	Виртуальная реальность	СНГ	Содружество Независимых Государств
ВВП	Валовой внутренний продукт	СПО	Среднее профессиональное образование (применительно к системе образования в Российской Федерации)
г., гг.	Год, годы	США	Соединенные Штаты Америки
др.	Другие	т.е.	То есть
ЕАЭС	Евразийский экономический союз	тыс.	Тысяча
ЕС	Европейский союз	УО	Учреждение образования
ИИ	Искусственный интеллект	чел.	Человек
ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии		



# I. ВВЕДЕНИЕ

Исследование в области внедрения новых профессий в пилотных секторах (сельском хозяйстве, машиностроении, строительстве) и развития набора навыков для продуктивного трудоустройства (далее — Исследование) проведено в рамках проекта «Развитие инновационного потенциала молодежи для ускоренного устойчивого развития Беларуси», который реализуется ПРООН в партнерстве с Министерством образования Республики Беларусь при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации через Трастовый фонд «Российская Федерация — ПРООН в целях развития».





### ● ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ —

определить профессиональные навыки и перспективные профессии будущего в трех пилотных секторах для Республики Беларусь в контексте национальной специфики и глобальных трендов для дальнейшей соответствующей корректировки системы подготовки и переподготовки кадров в Республике Беларусь.

### В КАЧЕСТВЕ ПИЛОТНЫХ СЕКТОРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫБРАНЫ:

1. Сельское хозяйство
2. Машиностроение
3. Строительство

### ● ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ —

рынок труда Республики Беларусь (спрос на профессиональные кадры в трех пилотных секторах).

### ● ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ —

перспективные потребности рынка труда Республики Беларусь в трех пилотных секторах для определения потенциальных сфер внедрения в образовательный процесс в рамках профессионального образования и обучения элементов профессий будущего.

### ● ПРАКТИЧЕСКИМ РЕЗУЛЬТАТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ

являются предложения по новым (обновленным) профессиям и компетенциям в каждом из указанных пилотных секторов.



## 2. РЕЗЮМЕ

Актуальность изучения перспективного спроса на профессиональные кадры в выбранных для Исследования пилотных секторах подтверждается социально-экономической ролью, которую они выполняют в масштабах национальной экономики Республики Беларусь: в сельском хозяйстве, машиностроении и строительстве занято около 800 тыс. человек [1], или около 18% от общего числа занятого населения. Указанные три сектора формируют сопоставимый вклад в ВВП (около 18%), сельское хозяйство обеспечивает национальную продовольственную безопасность страны и одновременно, наряду с машиностроением, создает основу для существенного экспортного потенциала.



Республика Беларусь является открытой экономикой, тесно связанной с остальным миром. Вступая в глобальную конкуренцию, белорусские предприятия не могут оставаться в стороне от происходящих в каждой отрасли технологических изменений. В свою очередь, такие глобальные технологические изменения в значительной степени определяют требования к профессиональным кадрам.

Глобальные тренды в рассматриваемых пилотных секторах, которые были выявлены в рамках Исследования, включают:

**а) В СЕЛЬСКОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ:**

- использование генеративного искусственного интеллекта и больших данных;
- использование цифровых двойников;
- увеличение числа используемых автономных машин;
- использование сельскохозяйственных дронов;
- технологии точного земледелия;
- развитие сельского хозяйства в контролируемых условиях, в том числе вертикальных ферм;
- технологические решения для улучшения контроля за содержанием животных;
- технологии предикативной аналитики;
- снижение углеродоемкости;
- технологии управления состоянием почв;

**б) В МАШИНО-  
СТРОЕНИИ –  
развитие  
технологий  
Индустрии 4.0  
и Индустрии 5.0:**

- анализ больших данных;
- использование автономных роботов;
- технологии симуляции и имитации;
- Интернет вещей;
- кибербезопасность;
- облачные технологии;
- аддитивное производство;
- технологии дополненной реальности;

**в) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:**

- автоматизация строительных проектов, цифровое документирование и анализ хода строительства;
- анализ больших данных в строительстве;
- автономные роботы, носимые роботы и экзоскелеты;
- использование дронов в строительстве;
- симуляционные технологии, технологии дополненной реальности;
- аддитивные технологии;
- Интернет вещей;
- кибербезопасность;
- облачные вычисления и системная интеграция.

Большинство перечисленных выше трендов находят отражение и в Республике Беларусь, при этом специфический национальный контекст дополняет и уточняет перспективный запрос на новые профессии и компетенции, основы которого формируются глобальными технологическими трендами. Ключевые особенности национального контекста в Республике Беларусь, которые выявлены по результатам Исследования, включают:

#### а) ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ:

- снижение численности населения и сокращение занятого населения, повышение среднего возраста;
- тренд урбанизации и сокращения численности населения в сельской местности;
- трудовая миграция как высококвалифицированной рабочей силы, так и лиц рабочих специальностей;

#### б) СПЕЦИФИКА БЕЛОРУССКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА:

- равная степень развития животноводства и растениеводства;
- преобладание в отрасли крупных сельскохозяйственных организаций государственной формы собственности;
- открытость предприятий, особенно частной формы собственности, к инновациям и новым технологиям;

#### в) СПЕЦИФИКА БЕЛОРУССКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ:

- традиционный сектор экономики, представленный производством транспортных средств, автокомпонентов, машин и станков, сложных приборов, оптики, бытовой техники и электроники, электротехнического оборудования и др.;
- важнейшая роль крупных вертикально интегрированных холдингов;
- перспективы развития современных инновационных машиностроительных производств в Китайско-Белорусском индустриальном парке «Великий камень»;
- активная реализация программ модернизации в отрасли, в том числе связанных с автоматизацией и роботизацией, при этом без существенных технологических сдвигов, которые бы сформировали запрос на принципиально новых специалистов;

#### г) СПЕЦИФИКА БЕЛОРУССКОГО СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА:

- консервативный и инертный характер строительного сектора в части внедрения современных технологий, недостаточно высокая восприимчивость к новым технологиям;
- заявленный государственный приоритет в части развития BIM-технологий;
- прогнозируемый запрос на проекты, связанные с модернизацией инфраструктуры, а также запрос на энергоэффективность при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

В результате по итогам проведенных в рамках Исследования форсайт-сессий были предложены следующие новые профессии и компетенции в пилотных секторах:

#### а) В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ:

- Аналитик цифровых данных в сельском хозяйстве (сбор и обработка цифровых данных);
- Оператор роботизированных механизмов в сельском хозяйстве (управление автоматизированными / роботизированными механизмами и машинами в сельском хозяйстве, а также их ремонт и обслуживание);
- Агрокибернетик (внедрение новых информационных технологий, решений по автоматизации и информатизации и их оптимизация; аналитика и консультирование в области технологических процессов);
- Технолог сельского хозяйства (качество и эффективность всей технологии кормления сельскохозяйственных животных / птицы от выращивания кормовых культур и производства кормовой базы до выполнения всего комплекса работ по кормлению);
- Агротехнолог по выращиванию культур в контролируемых условиях;
- Специалист по защите от киберугроз, компетенции по управлению кибербезопасностью;

#### б) В МАШИНО-СТРОЕНИИ:

- Программист-наладчик автоматизированного оборудования и промышленности (программирование сложных технологических процессов и их наладка, обслуживание новых роботизированных и автоматизированных систем);
- Цифровой метролог (контроль качества продукции и производства с применением современных методов и инструментов);
- Полимеханик (разработка, исследование и применение аддитивных способов производства, изготовление прототипов);
- Диспетчер нейросетей в промышленности (использование нейронных сетей для прогнозирования и планирования работы, манипуляций с робототехникой, управления качеством продукции и промышленной безопасностью);
- Тестирующий-диагност в промышленности (диагностика различных сложных технологических систем в промышленности с целью обеспечения длительной и бесперебойной работы автоматизированного и роботизированного оборудования и предупреждения его выхода из строя и поломок);

#### в) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:

- Компетенции в области чтения BIM-моделей (BIM-техник в строительстве);
- Компетенции в области обеспечения энергоэффективности в строительстве и при эксплуатации зданий и сооружений (Специалист по энергоэффективности);
- Техник-обследователь / Специалист по рециклингу (сбор данных по зданиям и сооружениям, необходимых для принятия решения по проведению реконструкции / модернизации / капитального ремонта / демонтажа / сноса, проведение соответствующих обследований строительных конструкций, зданий и сооружений для инженерного персонала);
- Многофункциональный рабочий в строительстве;
- Специалист по реновации (реконструкция, ремонт и восстановление исторических зданий и сооружений, включая объекты историко-культурного наследия);
- Специалист по строительной робототехнике;
- Специалист по кибербезопасности в информационных системах в строительстве;
- Техник-оператор 3D-печати в строительстве.

Принимая во внимание результаты, полученные при выполнении аналитического обзора, и результаты практического взаимодействия в ходе форсайт-сессий, сформированы следующие рекомендации:

1. Выстраивание системной работы в части проведения аналитических исследований, направленных на прогнозирование будущей потребности в кадрах, навыках и компетенциях, с включением в такую работу широкого круга заинтересованных лиц.
2. Разработка новых (обновленных) образовательных стандартов и образовательных программ по предложенным профессиям и компетенциям.
3. Реализация мероприятий, направленных на повышение квалификации преподавательского состава (освоение преподавателями востребованных новых навыков, компетенций, новых технологий).
4. Дальнейшее развитие системы профессионального образования в направлении реализации коротких модульных программ обучения, обеспечивающих гибкость и индивидуализацию обучения, развития практического обучения «на местах» (непосредственно на предприятиях), формирования запроса на постоянное самообразование и обучение в течение всей жизни.
5. Изучение и адаптация международного опыта в части разработки корпоративных профессиональных стандартов путем выстраивания взаимодействия с крупнейшими заказчиками кадров в отрасли с целью последующей кастомизации системы подготовки кадров под запросы предприятий.
6. Разработка и реализация комплекса мероприятий, направленных на стимулирование более активного

внедрения BIM-технологий в строительстве.

7. Обновление образовательных программ и методик обучения в части обеспечения их соответствия запросу о формировании у обучающихся «soft skills», в том числе аналитических способностей, критического мышления, принятия решений, коммуникационных навыков, умения работать в команде, планировать свою деятельность и др.
8. Обновление образовательных программ и методик обучения в части организации по большинству профессий обучения основам информационных технологий, цифровым навыкам и основам кибербезопасности.
9. Расширение направлений сотрудничества между учреждениями образования системы ПОО и организациями – заказчиками кадров и углубление взаимодействия по уже представленным форматам сотрудничества.
10. Реализация мероприятий, направленных на обновление материально-технической базы учреждений образования в системе ПОО.





## 3. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Для достижения поставленной цели Исследования подход к его проведению предусматривал:

1. Выполнение аналитического обзора с целью сбора исходных аналитических материалов и данных, относящихся к предмету исследования.
2. Проведение трех форсайт-сессий (в каждом из пилотных секторов) по методологии Rapid Foresight для целей прогнозирования потребностей рынка труда в области внедрения новых (обновленных) профессий и компетенций.

Важнейшим элементом Исследования стало выстроенное эффективное взаимодействие с проектной командой ПРООН, национальным партнером проекта – Министерством образования Республики Беларусь, а также УО «Республиканский институт профессионального образования».



# 3.1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

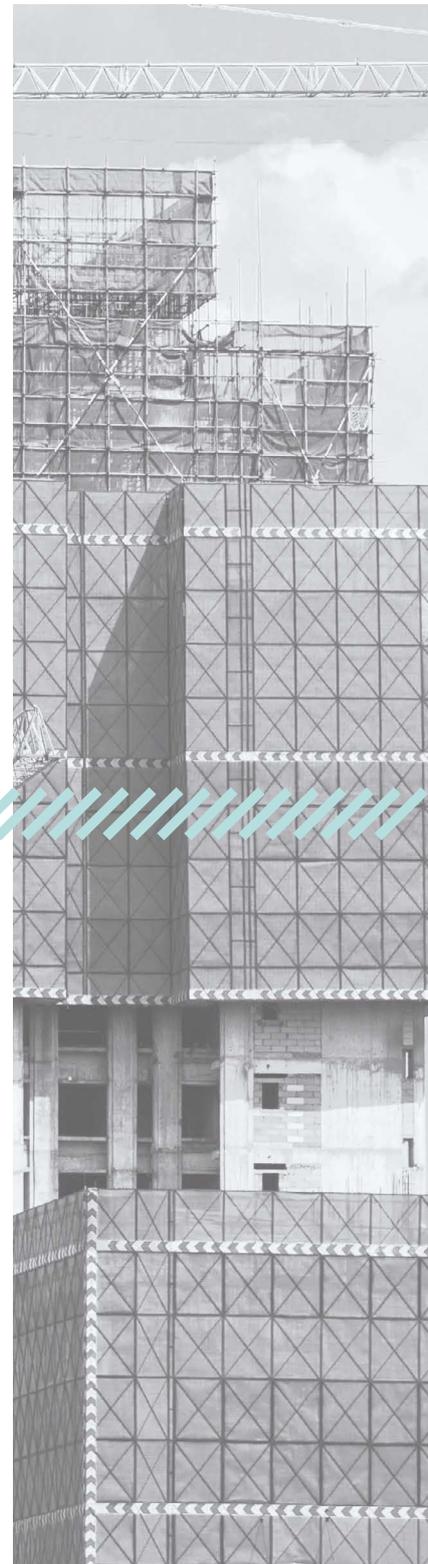
## ● ОХВАТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЗОРА:

- демографические условия Республики Беларусь с точки зрения их влияния на рынок труда;
- рынок труда Республики Беларусь с фокусом на выбранные пилотные секторы;
- особенности текущего социально-экономического развития в пилотных секторах;
- национальные стратегические программы и документы, определяющие приоритеты развития пилотных секторов и имеющие отношение к системе ПОО;
- международные тенденции и тренды развития пилотных секторов;
- международный опыт в области развития профессионального образования и формирования новых профессий и профессиональных навыков, включая цифровые навыки, соответствующих профессиональных и образовательных стандартов.

Для целей оценки возможностей системы образования по подготовке кадров в пилотных секторах и их соотнесения с предварительно выявленными потребностями было организовано посещение отдельных учреждений образования и центров компетенций. В частности, изучена материально-техническая база межотраслевого ресурсного учебного центра в области экологии, энергетики и энергоэффективности — филиала «Ресурсный центр «ЭкоТехноПарк-Волма» УО РИПО, а также филиала «Минский государственный автомеханический колледж имени академика М.С. Высоцкого» УО РИПО.

## ● ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

- определение демографических ограничений и возможностей для рынка труда в Республике Беларусь;
- определение основных возможностей и ограничений рынка труда в пилотных секторах, долгосрочных трендов, которые определяют его развитие на текущий момент;
- определение основных направлений инновационного развития в пилотных секторах;
- выявление государственных приоритетов долгосрочного развития в пилотных секторах и установление их взаимосвязи с рынком труда;
- идентификация международных трендов, которые будут влиять на развитие анализируемых секторов в Республике Беларусь, и их влияния на рынок труда;
- наложение международного опыта на специфические условия Республики Беларусь, определение перспективных направлений для заимствования и адаптации международного опыта.



#### ● МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЗОРА:

- статистический анализ;
- прогнозирование;
- экспертный анализ;
- визуализация и анализ данных;
- анализ документов;
- сравнительный анализ;
- интервью, беседа.

#### ● ИСТОЧНИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

- Статистические данные Национального статистического комитета Республики Беларусь, Министерства образования Республики Беларусь и других органов государственного управления Республики Беларусь.
- Результаты международных исследований по проблематике развития рынка труда и профессий будущего (исследования под эгидой Международной организации труда (ILO), Европейского фонда образования (ETF), ПРООН, Всемирного банка, Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Всемирного экономического форума и иных международных правительственных и неправительственных организаций, в том числе обобщающих международный опыт по внедрению новых профессий, квалификаций и соответствующих профессиональных и образовательных стандартов).
- Материалы из выступлений признанных лидеров мнений по анализируемым вопросам, анализ общественного мнения, данные, опубликованные различными экспертными институтами и сообществами.
- Анализ базы вакансий в выбранных секторах в Республике Беларусь и в Российской Федерации, а также в других странах ЕАЭС.
- Государственные стратегические программы и документы, в том числе: Стратегия «Наука и технологии: 2018-2040», Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года, Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021-2025 годы, Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы, Государственная программа «Наукоемкие технологии и техника», Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 годы, Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021-2025 годы, Государственная программа «Образование и молодежная политика», Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы.



## 3.2. ФОРСАЙТ-СЕССИИ

### ● ЦЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ ФОРСАЙТ-СЕССИЙ –

прогнозирование потребностей рынка труда в области внедрения новых (обновленных) профессий и компетенций в горизонте не менее 10 лет.

В рамках Исследования было проведено три форсайт-сессии (для каждого из выбранных пилотных секторов):

1.Сельское хозяйство (16-17 февраля 2024 г.)

2.Машиностроение (1-2 марта 2024 г.)

3.Строительство (15-16 марта 2024 г.)

**В каждой из форсайт-сессий приняли участие от 24 до 27 человек, в равной степени представляющих следующие основные группы стейкхолдеров:**

- представители организаций – потенциальных заказчиков кадров в выбранных пилотных секторах (представители организаций государственной и частной формы собственности);
- представители учреждений образования, реализующих образовательные программы в выбранных пилотных секторах;
- представители созданных в Республике Беларусь центров компетенций по соответствующему профилю;
- представители РИПО по соответствующему профилю.

В целях обеспечения максимально эффективной и продуктивной работы все участники были разделены на три экспертные группы с равной степенью представленности в каждой группе участников от организаций – заказчиков кадров, представителей учреждений образования и представителей РИПО.

Для достижения поставленной цели была использована методология Rapid Foresight (версия 0.4), подготовленная Агентством стратегических инициатив Российской Федерации. Метод рапид форсайта выбран для проведения исследования, поскольку является эффективным инструментом прогнозирования будущего.

В целях обеспечения максимальной эффективности работы участников форсайт-сессий был выбран двухдневный формат проведения мероприятий. Ключевые этапы метода рапид форсайта были выстроены следующим образом:

#### День 1

1. Рамочные выступления отдельных участников по проблематике, направленные на постановку проблемы обсуждения и представление экспертных мнений отдельных участников обсуждения — экспертов в выбранной предметной области.
2. Определение совместно с участниками предмета исследования и границ карты будущего.
3. Построение карты будущего и выявление трендов. Работа с карточками «Тренды».
4. Определение основных субъектов (акторов).
5. Работа с карточками «Форматы», «Технологии», «Нормативные акты», «Угрозы» и «Возможности».
6. Подведение итогов работы первого дня. Результат работы по итогам первого дня — построенная карта будущего.

#### День 2

1. Формирование трех сценариев развития на основании построенной карты будущего. Пессимистичный, реалистичный и оптимистичный прогнозы.
2. Составление матриц для морфоящика (работа в группах, направленная на генерацию идей в части новых компетенций, навыков, областей знаний, которые потребуются в отрасли в связи с ожидаемым развитием технологий).
3. Работа по методике «Реактор» с целью выявления новых профессий и компетенций. Формирование новых групп участников по принципу ключевых субъектов рассматриваемой предметной области («Государство», «Система образования», «Предприятия», «Инвесторы / Предприниматели»). Завершающий этап работы, по итогам которого участниками были подведены итоги в части потенциально востребованных новых (обновленных) профессий и компетенций.
4. Завершение работы: подведение итогов, получение обратной связи от всех участников.



# 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ



## 4.1. ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Текущее и в первую очередь будущее состояние рынка труда в Республике Беларусь в значительной степени определяется демографическими трендами, к которым отнесены:

- сокращение численности населения;
- старение населения, увеличение доли населения в пенсионном возрасте и, соответственно, возрастание давления на систему социального обеспечения;
- урбанизация (сокращение численности населения в сельской местности и малых городах);
- трудовая миграция населения (как высококвалифицированной рабочей силы, так и лиц рабочих специальностей).

Демографическая ситуация в Республике Беларусь<sup>1</sup> характеризуется **негативным трендом снижения численности населения** в последние годы, совокупное сокращение, согласно статистическим данным, составило -271 тысячу человек с 2012 по 2023 год [4].

На фоне снижения общей численности населения **возрастает также средний возраст** и составляет 41,2 года по состоянию на начало 2023 года (39,7 года на начало 2012 года) [5].

В возрастном отношении доминирующей демографической группой населения являются лица в возрасте 30-59 лет, составляющие около 44 % от общей численности населения. Снижение доли населения в возрасте 20-29 лет оказывает влияние на рынок труда уже сейчас, тогда как **сокращение численности населения в младшем возрасте (-134 тыс. в категории 0-4 года за последние 5 лет)** указывает на потенциальные проблемы с восполнением трудовых ресурсов в долгосрочной перспективе. Следует отметить, что среди женщин наблюдается рост численности населения в возрасте от 60 до 69 лет, что связывается с различной средней продолжительностью жизни у мужчин и женщин [6-9].

Гендерная структура населения остается относительно стабильной: женщины составляют 54%, женское население характеризуется более высокой ожидаемой средней продолжительностью жизни по сравнению с мужским населением (79,3 года против 69,2 года по последним доступным данным за 2019 год) [10-11].

<sup>1</sup> Подробный анализ демографических условий в Республике Беларусь представлен в Приложении 1 «Демографические условия Республики Беларусь».

Республика Беларусь характеризуется **выраженным трендом урбанизации населения, что особенно чувствительно для развития сельского хозяйства**. В городах сокращение численности населения происходило медленнее, чем в сельской местности, численность населения областных центров (и в особенности — города Минска) в значительной степени прирастала за счет внутренней миграции из сельской местности и малых и средних городов (во всех областных центрах, за исключением Витебска, наблюдался рост населения, причем в Минске – на 181 тысячу человек за период 2012-2023 гг.). Региональные различия указывают на Минскую область и город Минск как наиболее населенные регионы, на которые приходится 35-38 % всего населения [12].

Обозначенные демографические тенденции подчеркивают необходимость стратегического подхода к планированию трудовых ресурсов на национальном уровне, поскольку старение населения, сокращение его численности и региональные различия создают **риски для устойчивого развития рынка труда в Республике Беларусь**.

Помимо внутренних демографических факторов, на рынок труда оказывают влияние также фактор трудовой миграции населения. Ввиду закрытия данных Национального статистического комитета Республики Беларусь по миграционным потокам в настоящем Исследовании приводятся данные по 2019 год включительно, дополнительно были использованы данные статистики МВД Беларуси по 2021 год (учитывают только лиц, которые выехали из страны при содействии специализированных организаций по трудоустройству и не составляют большинство трудовых мигрантов). С учетом ограниченности такой статистики в части ее полноты и доступного периода, полноценные выводы из нее сделать не представляется возможным, особенно принимая во внимание тенденции последних лет, связанные с влиянием пандемии COVID-19, а также внутренних и внешних геополитических факторов. С учетом имеющихся ограниченных статистических данных, анализ был дополнен также экспертными оценками. В результате к числу основных миграционных факторов были отнесены: значительная ориентация входящего и исходящего миграционного потока на Российскую Федерацию при некотором сокращении доли этого направления в связи с активизацией оттока населения в другие направления, особенно в последние годы, трудовая миграция как высококвалифицированной (информационные технологии, здравоохранение и др.), так и низкоквалифицированной (строители, водители и др.) рабочей силы. Входящий миграционный поток в значительной степени связывается с реализацией в Республике Беларусь крупных инвестиционных проектов иностранными заказчиками / подрядчиками (особенно в прошлых периодах, тогда как в последние годы инвестиционная активность иностранных подрядчиков несколько сократилась).

Таким образом, будущее рынка труда в Республике Беларусь связывается с рядом объективных демографических ограничений, **вызванных сокращением общей численности населения, трендом старения населения и фактором урбанизации**. Определенное влияние на рынок оказывает также и **фактор трудовой миграции** населения. При этом такие демографические условия характерны для большинства экономически развитых стран мира. Указанные ограничения обуславливают **необходимость реализации долгосрочной стратегии повышения эффективности и производительности в экономике и обеспечения преимущественно интенсивного экономического роста** как на общенациональном уровне, так и на уровне отдельных экономических агентов. Такая эффективность может быть обеспечена за счет **внедрения современных технологий** в производственный процесс, автоматизации управленческих и производственных процессов и иных мероприятий. В свою очередь, новые технологии и автоматизация в различных секторах экономики **будут формировать новые требования к компетенциям работников**.

## 4.2. РЫНОК ТРУДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В период последних 10 лет, подкрепленное демографическими трендами, в Республике Беларусь наблюдалось **последовательное снижение численности занятого населения**<sup>2</sup>, совокупный среднегодовой темп прироста составил -0,9 %, что привело к **сокращению численности занятого населения на 477 тысяч человек** за весь период 2012-2022 гг. [13].

Сохранение высоких показателей занятости населения (4 214 тыс. чел. в 2022 году) на фоне сокращения общей численности и медленного старения населения влечет за собой **увеличение доли занятого населения в более возрастных группах** (выраженный положительный тренд по уровню занятости демонстрирует население в возрасте от 50 до 59 лет), что для системы образования может означать **возрастающую важность реализации программ обучения и переобучения в течение всей жизни и для всех возрастов**, поскольку **средний возраст белоруса, занятого в экономике, медленно возрастает** [14].

**В региональном распределении занятости основными центрами являются Минск и Минская область**, на долю которых приходится около 41% всего занятого населения, доля Минска в последние годы несколько возросла [15].

С точки зрения структуры организаций, предоставляющих рабочие места, **по форме собственности преобладала частная форма собственности**, на которую приходилось 55-58% всего занятого населения. И в частной, и в государственной формах собственности наблюдалось снижение числа занятого населения, однако в организациях государственной формы собственности снижение было более значительным и практически в 3 раза превысило аналогичный показатель в организациях частной формы собственности [16, 17].

**Отрицательная динамика численности занятых отмечается во всех рассматриваемых пилотных секторах** — сельском хозяйстве, строительстве и машиностроении. Наиболее значительное снижение числа занятых произошло в строительстве (на 151 тыс. чел. в период 2012-2022 гг.), далее следуют сельское хозяйство (на 116 тыс. чел. в период 2012-2022 гг.) и машиностроение (на 62 тыс. чел. в период 2012-2022 гг.) [18].

Несмотря на это, **сельское хозяйство остается важнейшим сектором национальной экономики, обеспечивающим занятость значительной части населения** – в отрасли растениеводства и животноводства численность занятого населения по итогам 2022 года составила 313 тыс. чел., что составляет около 7% от общей численности занятого населения в экономике. **Не менее важную социально-экономическую роль играют и два других сектора** – общая численность занятых в строительстве составляет 256 тыс. чел. (6% от общего числа), в машиностроении – 227 тыс. чел. (5%). Несмотря на сокращение числа занятых, эти отрасли продолжают вносить существенный вклад в экономический рост, развитие инфраструктуры и промышленного производства в Беларуси, в том числе за счет оптимизации и интенсификации производства [18].

Динамика среднего уровня оплаты труда (номинальной начисленной заработной платы) в Республике Беларусь позволяет выявить несколько тенденций рынка труда. Во-первых, **в период 2012-2023 гг. наблюдалась устойчивая положительная динамика размера номинальной начисленной среднемесячной зара-**

<sup>2</sup> Подробный анализ основных трендов на рынке труда Республики Беларусь представлен в Приложении 2 «Рынок труда Республики Беларусь».

**ботной платы** как в целом по Республике Беларусь, так и по всем областям, включая город Минск. В результате по итогам 2023 г. показатель в целом по стране составил 1 902,3 руб., а совокупный среднегодовой темп прироста за этот период – около 16%. **Самые высокие показатели заработной платы были зафиксированы в городе Минске (в 2023 г. – 2 590,3 руб.), а самые низкие – в Могилевской области (1 569,4 руб.)** [19].

Несмотря на ежегодный рост номинальной начисленной заработной платы, динамика реальной заработной платы отражает макроэкономические турбулентности, которые были характерны для белорусской экономики в последние годы. Так, снижение реальной заработной платы по стране наблюдается в кризисные 2015-2016 гг. (снижение на 2,3% и 3,8%) и в 2022 г. (снижение на 1,8%), что отражает инфляционные и девальвационные тренды в указанные годы [20].

**Для Республики Беларусь характерны значительные расхождения в среднем уровне оплаты труда по различным отраслям и секторам национальной экономики:** самый высокий уровень средней номинальной заработной платы в 2023 г. характерен для сектора информационных технологий (6 815 руб.), горнодобывающей промышленности (3 661 руб.), нефтеперерабатывающей промышленности (3 060 руб.), тогда как самые низкие средние заработные платы характерны для сельского хозяйства (1 496 руб.), образования (1 302 руб.) и здравоохранения (1 582 руб.) [19].

В пилотных секторах, как и в целом в экономике, **наблюдается положительный рост номинальной начисленной заработной платы в период 2016-2023 гг.** Несмотря на то, что в сельском хозяйстве занято наибольшее количество населения среди рассматриваемых секторов, показатель среднего уровня оплаты труда в этом секторе остается ниже по сравнению с другими отраслями (1 496 руб. по итогам 2023 г.) и является одним из наиболее низких в экономике. Независимо от положительного роста заработной платы во всех анализируемых секторах, заработная плата в сельском хозяйстве неизменно отставала от других отраслей – средний уровень оплаты труда по итогам 2023 г. в машиностроении составляет порядка 2 099 руб., в строительстве – 2088 руб. [19].

Таким образом, рассматриваемые пилотные секторы играют важнейшую социально-экономическую роль в национальной экономике, обеспечивая рабочими местами 18% всего занятого населения республики, что обуславливает **важность долгосрочного планирования государственной политики в части их обеспечения востребованными кадрами.** Уровень оплаты труда, который остается важнейшим фактором мотивации при осуществлении профессионального выбора, растет во всех рассматриваемых секторах, однако в **сельском хозяйстве все еще остается одним из наиболее низких среди всех видов экономической деятельности, что снижает мотивацию молодежи при выборе профессии в сельском хозяйстве.** Наблюдаемый общий тренд постепенного роста среднего возраста населения на фоне все более активного проникновения современных технологий постепенно **может увеличивать значимость концепции образования в течение всей жизни, что, вероятно, будет формировать спрос на кратковременные, модульные программы обучения для взрослых.**

# 4.3. ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ПИЛОТНЫХ СЕКТОРАХ

## 4.3.1. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сельское хозяйство<sup>3</sup> является одной из ключевых отраслей национальной экономики, формируя 7,7% валовой добавленной стоимости (2022 г.) и обеспечивая рабочими местами 7,0% всего занятого населения (2022 г.). С учетом тесной взаимосвязи с отраслью производства продуктов питания, сельское хозяйство играет также важнейшую роль в обеспечении национальной продовольственной безопасности и формирует значительную часть экспортного потенциала страны (порядка 20% белорусского экспорта) [21, 22, 23].



В белорусском сельском хозяйстве в равной степени представлены растениеводство и животноводство (47,9% и 52,1% соответственно в объеме выпуска сельскохозяйственной продукции, который в 2022 г. составил 31,845 млрд руб.), все крупнейшие хозяйства страны, как правило, развивают оба направления. Деятельность крестьянских (фермерских) хозяйств преимущественно концентрируется в растениеводстве [21].

Особенностью белорусского сельского хозяйства является доминирование в секторе сельскохозяйственных организаций государственной формы собственности (70-80% совокупного выпуска сельскохозяйственной продукции), а также в целом крупных хозяйств. На долю крестьянских (фермерских) хозяйств приходится около 3% совокупного выпуска продукции. При этом, несмотря на преобладание в секторе государственной формы собственности, частный бизнес также активно развивается. Так, число крестьянских (фермерских) хозяйств ежегодно увеличилось (+844 единицы за период 2016-2022 гг.). В отрасли также развиваются частные сервисные компании, которые предлагают различные услуги для сельскохозяйственных организаций, направленные на повышение эффективности производственных процессов (технологии точного земледелия, производство и применение органических удобрений и другие услуги) [24, 25].

<sup>3</sup> Подробный анализ сектора сельского хозяйства представлен в Приложении 3 «Особенности текущего состояния и социально-экономического развития в пилотных секторах Республики Беларусь».

В секторе сельского хозяйства наблюдается тенденция ежегодного сокращения числа работников (среднегодовой темп снижения с 2016 года составил -3%), что создает риски нехватки кадров в будущем, принимая во внимание демографические тренды, связанные с общим сокращением численности и урбанизацией. Тем не менее, снижение занятости сопровождается ростом производительности труда (объем производства сельскохозяйственной продукции на одного работника в период 2016–2022 гг. ежегодно увеличивается и за последние 7 лет возрос в 2,5 раза с 43,1 тыс. руб. в 2016 году до 105,7 тыс. руб. в 2022 году), что свидетельствует об усилиях организаций по оптимизации и повышению эффективности деятельности. Сектор сельского хозяйства является инвестоемким – за последние 7 лет совокупный размер инвестиций в основной капитал увеличился в 2,4 раза с 1,7 млрд руб. в 2016 году до 4,1 млрд руб. в 2022 году, составляя около 14,5% от совокупного размера инвестиций в экономике, что подтверждает вывод о проводимой постоянно модернизации в отрасли [24, 25].

Несмотря на ряд положительных моментов, в секторе существуют проблемы, связанные с низким, по сравнению с другими отраслями национальной экономики, уровнем оплаты труда и невысоким темпом роста реальной заработной платы, что существенным образом влияет на способность сектора привлекать и удерживать квалифицированную рабочую силу.

Одновременно сельскохозяйственный сектор проходит через значительные изменения, обусловленные технологическим прогрессом. Одним из основных направлений технологического развития в растениеводстве становится точное земледелие. В секторе представлены сервисные компании, которые предлагают различные современные решения в области точного земледелия и оказывают техническую поддержку сельскохозяйственным производителям по их внедрению (пример – ООО «Технологии земледелия»). Развиваются технологии, направленные на повышение эффективности использования кормов и удобрений (пример – ООО «Скарб-БИО»), ведутся разработки в направлении разведения племенных животных (пример – ООО «Белинтерген»), белорусские машиностроители осуществляют разработки и выпуск современной техники, оснащенной элементами точного земледелия, ведется разработка агродронов (ЗАО «Авиационные технологии и комплексы»).

Крупнейшие сельскохозяйственные организации постепенно оснащаются технологиями точного земледелия, информационные технологии все активнее внедряются в практику. Наиболее успешные частные компании также внедряют современные методы ведения хозяйства, основанные на передовых технологиях и цифровых продуктах.

Выполненный анализ показывает, что белорусскому сельскому хозяйству в равной степени требуются кадры в области животноводства и растениеводства. Основной спрос на профессиональные кадры при этом формируется со стороны крупных сельскохозяйственных организаций, большинство из которых являются организациями государственной формы собственности. Государственные приоритеты развития сельского хозяйства предусматривают его поэтапную цифровизацию, развитие «зеленых технологий» и производства органической продукции, внедрение технологий точного земледелия, применение современных цифровых технологий, внедрение роботизированных и автоматизированных систем для ведения сельского хозяйства, использование беспилотных средств. Многие из указанных направлений уже внедряются в практику, что требует соответствующей подготовки кадров в части умения эффективно использовать возможности современных технологий. На текущий момент в значительной степени такая подготовка специалистов осуществляется непосредственно на предприятии. По мере все более активного проникновения в сектор новых технологий, основанных в первую очередь на современных цифровых технологиях, будет вероятно возрастать необходимость адаптации образовательных программ для формирования наиболее востребованных компетенций непосредственно в системе ПОО.

### Ч.3.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Машиностроение<sup>4</sup> является одной из традиционных отраслей национальной экономики Республики Беларусь, многие годы оставшейся одним из ключевых локомотивов экономического развития страны. Объем промышленного производства по четырем ключевым секторам машиностроения в 2021 г. составил 23,7 млрд руб., крупнейшими секторами являются «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» (40%), «Производство транспортных средств и оборудования» (31%). Совокупный вклад в структуру обрабатывающей промышленности составляет более 17%, наибольшая доля также приходится на сектор «Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки» (около 7%) и «Производство транспортных средств и оборудования» (около 5%) [26]. Экспорт продукции машиностроения ежегодно превышает 3 млрд долларов США [27].

Два крупнейших сектора машиностроения в последние годы растут наиболее активно – объемы производства прочих машин и оборудования (машин для сельского и лесного хозяйства, станков) выросли с 4,5 млрд руб. в 2016 г. до 9,6 млрд руб. в 2021 г. (среднегодовой темп прироста составил 16%), объемы производства транспортных средств и оборудования – с 2,6 млрд руб. в 2016 г. до 7,4 млрд руб. в 2021 г. (среднегодовой темп прироста 23%) [26].

Совокупные инвестиции в основной капитал промышленного сектора превышали 11 млрд руб. в 2019-2021 гг. с сокращением до 9,2 млрд руб. в 2022 г. [29]. Существенные объемы инвестиций в отрасли связываются с реализацией предприятиями обширных программ модернизации.

Также как и в сельском хозяйстве, численность занятых в отрасли сокращается, хотя и не так выражено – снижение средней списочной численности<sup>5</sup> для производства вычислительной, электронной и оптической аппаратуры с 2016 по 2022 год составило минус 2 тыс. чел., для производства электрооборудования – минус 4 тыс. чел., для производства прочих машин и оборудования – минус 3 тыс. чел. Наименее значительно изменилась списочная численность в секторе производства транспортных средств и оборудования, который характеризуется наиболее высокими темпами роста (минус 1 тыс. чел.) [28].

Средняя номинальная заработная плата в отрасли машиностроения по состоянию на октябрь 2023 г. составляет 2 305 руб. в секторе производства вычислительной, электронной и оптической аппаратуры, 1 897 руб. – в секторе производства электрооборудования, 2 100 руб. – в секторе производства прочих машин и оборудования, 2 092 руб. – в секторе производства транспортных средств и оборудования, находясь таким образом на уровне средней по стране или даже несколько превышая ее (1 859 руб.) [3].

<sup>4</sup> Подробный анализ сектора машиностроения представлен в Приложении 3 «Особенности текущего состояния и социально-экономического развития в пилотных секторах Республики Беларусь».

<sup>5</sup> Отличается от показателя занятости в связи с различной методологией расчета двух показателей.

Для отрасли характерно присутствие крупных холдингов, представляющих собой вертикально интегрированные промышленные производства. Все крупнейшие машиностроительные предприятия республики активно модернизируют производство и осуществляют постоянное инновационное развитие. В числе примеров можно отметить тестирование тракторной техники с элементами автономного управления ОАО «Минский тракторный завод», изготовление предприятием оснастки с использованием технологий 3D-печати, оснащение всей техники ОАО «БелАЗ» интеллектуальной системой мониторинга, оснащение учебных лабораторий предприятия VR-технологиями нового поколения, цифровизация всего производственного процесса на СЗАО «БелДжи», запуск в производство грузовых электромобилей на ОАО «Белкоммунмаш».

Инновационному развитию сектора также способствует запуск особой экономической зоны **Китайско-Белорусский индустриальный парк «Великий камень»**, где зарегистрировано более 20 компаний в секторе машиностроения, часть из которых уже осуществляет деятельность. Направления деятельности резидентов парка включают в том числе такие перспективные разработки, как освоение аддитивных технологий, беспилотной техники, технологий интернета вещей (IoT), производство станков с программным управлением и др. Центрами инновационных разработок в стране также выступают технопарки (17 по всей стране), в которых зарегистрированы компании, осуществляющие перспективные технологические разработки, в том числе и для применения в машиностроении (пример – резидент Минского городского технопарка компания EnCata).

Таким образом, **машиностроение является одной из крупнейших отраслей обрабатывающей промышленности Республики Беларусь** и представлено производством транспортных средств, автокомпонентов, машин и станков, сложных приборов, оптики, бытовой техники и электроники, электротехнического оборудования и др. Машиностроение является **традиционной отраслью и представляет собой фундамент национальной экономики**, формируя **стабильный спрос на профессиональные кадры**. Важнейшую роль в секторе с точки зрения обеспечения рабочих мест играют **крупные вертикально интегрированные холдинги**. Широкие перспективы для отрасли также открывают особые условия, созданные в Китайско-Белорусском индустриальном парке «Великий камень», где сегодня уже начали работу или зарегистрированы современные инновационные машиностроительные предприятия. По мере развития парка и его резидентов **можно ожидать роста спроса на профессиональные кадры с соответствующими компетенциями** (в числе заявленных направлений деятельности уже имеющих резидентов – аддитивные технологии, беспилотная техника, технологии IoT и др.). **Сложившийся в настоящее время средний уровень оплаты труда в отрасли оценивается как довольно конкурентный, что в целом способствует удержанию кадров в отрасли**. Несмотря на то, что технологические процессы в машиностроении в целом остаются неизменными и каких-либо кардинальных технологических сдвигов в настоящее время в отрасли не отмечается, **все основные игроки в отрасли активно реализуют программы модернизации, направленные на замену устаревшего технологического оборудования на современное, отвечающее трендам, заданным технологиями V и VI технологических укладов (автоматизация, роботизация, цифровые технологии, интеллектуализация производства и др.)**. Такие программы модернизации реализуются в соответствии с государственными стратегическими приоритетами, установленными национальными программами. Соответственно, все более активное проникновение современных технологий в промышленное производство **требует от системы ПОО подготовки кадров для отрасли с соответствующими компетенциями, способных эффективно работать в изменяющихся условиях**.

### 4.3.3. СТРОИТЕЛЬСТВО

Строительство<sup>6</sup> выступает одной из **ключевых отраслей национальной экономики**, обеспечивая в 2010-2019 гг. порядка 10% ВВП с сокращением доли до 4-5% в последние годы (2016-2022 гг.) [2].

Общая численность занятых в секторе составляет 256 тыс. чел. (6% от общей численности занятого населения) и, как и в других рассмотренных пилотных секторах, **характеризуется снижением** — на 151 тыс. чел. в период 2012-2022 гг. [13]. Строительный сектор является одним из секторов, который характеризуется **значительными показателями трудовой миграции** (в Российскую Федерацию, Республику Польша).

По итогам 2023 г. **объем выполненных подрядных работ превысил 16,4 млрд руб., что составляет +22% к значению 2022 г.** и свидетельствует о закрепившемся в 2023 г. тренде восстановления и роста в строительном секторе [30]. В долларовом эквиваленте объемы подрядных работ в строительстве в последние годы составляют около 4-6 млрд. долларов США и **характеризуются циклическими колебаниями**, коррелирующими с общей макроэкономической динамикой. В 2023 г. строительство **вошло в топ-3 отрасли, показавших наиболее высокий темп прироста вклада в общий прирост ВВП** — на уровне порядка +10%.

Важнейшим сегментом строительного сектора является строительство жилья. **Объемы жилищного строительства в последние годы стабилизировались на уровне порядка 4,2 млн кв. м.** (общая площадь, все типы жилых помещений). **В 2023 г. в эксплуатацию введено 4,194 млн кв. м. жилых домов**, что на 1% меньше, чем за 2022 г. (4,223 млн кв. м.) [31].

Строительная отрасль представляет собой динамичный сектор экономики, представленный **широким перечнем организаций частной и государственной формы собственности**, реализующих проекты жилой и коммерческой недвижимости, возведение объектов социальной, промышленной и инженерной инфраструктуры. **Уровень конкуренции на рынке оценивается как высокий** ввиду большого числа игроков государственной и частной собственности, при этом для отрасли также **характерно наличие крупных государственных холдингов**, особенно в секторе промышленного и инфраструктурного строительства.

Основной приоритет инновационного развития в строительном секторе Республики Беларусь — **внедрение инновационных технологий и цифровизация отрасли**. Одним из ключевых направлений развития национального строительного комплекса признано **внедрение технологий информационного моделирования, внедрение информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения**. При этом отмечается, что внедрение таких технологий в практике строительных организаций пока еще отстает от запланированных темпов.

<sup>6</sup> Подробный анализ сектора строительства представлен в Приложении 3 «Особенности текущего состояния и социально-экономического развития в пилотных секторах Республики Беларусь».

Из числа других глобальных технологических трендов в строительстве в отношении Республики Беларусь можно отметить использование технологий 3D-сканирования (используется для съемки зданий и сооружений, автомобильных дорог, объектов горной и нефтегазовой промышленности), применение в строительстве беспилотных летающих аппаратов (дронов) на высотных объектах, в опасных и труднодоступных местах, использование виртуальных моделей при выполнении отделочных работ в виде дизайн-проектов, более 10 лет применяются в строительстве разнообразные датчики и системы для мониторинга и сбора данных со строительных конструкций, использование технологий IoT при проектировании, строительстве и эксплуатации охраняемых систем.

Инновационное развитие сектора строительства тесно связывается с деятельностью проектных и инженеринговых организаций (к примеру – развитие услуг BIM-проектирования, 3D-сканирования зданий и сооружений), девелоперов (заказчиков) строительства (строительство умных зданий и умных городов, IoT решения в строительстве), производителей строительных материалов (инновационные строительные материалы и технологии). Например, ОАО «Институт Белгоспроект», ОДО «ЭНЭКА», ООО «Технологии управления проектами» активно используют технологии BIM-проектирования, ОАО «Гродненский научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза» оказывает услуги 3D-сканирования объектов, компания beCloud занимается созданием SMART-платформы, которая станет одной из основ для строительства умных городов в стране.

В Республике Беларусь развиты все сферы строительства – гражданское, промышленное, инфраструктурное. Проектные и строительные организации представлены во всех ключевых областях строительства. **Цифровизация является одним из основных технологических трендов в отрасли, поддерживаемым в том числе на государственном уровне, однако скорость внедрения современных технологий различается для различных организаций строительства.** В числе технологий, которые в той или иной степени внедрены или внедряются в секторе строительства, можно отметить **технологии информационного моделирования (BIM-технологии), технологии автоматизации жизненного цикла здания, IoT, умные здания и умные города, цифровые датчики и системы мониторинга и сбора данных, 3D-сканирование и др.** Все более активное проникновение этих технологий в сектор **будет формировать соответствующие требования к компетенциям кадров, которые готовит система ПОО для сектора строительства.** Во многом драйверами развития новых технологий в отрасли, которые в том числе определяют новые требования к кадрам, выступают проектные и инженеринговые организации, девелоперские компании, поставщики ИТ решений для сектора строительства и в области эксплуатации зданий и сооружений.

## 4.4. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ В ПИЛОТНЫХ СЕКТОРАХ

Ключевые долгосрочные государственные приоритеты<sup>7</sup> в развитии рассматриваемых секторов изложены наиболее подробно в Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года (в том числе в обновленном проекте Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2040 года), а также уточнены на среднесрочную перспективу в ряде отраслевых и межотраслевых государственных программ (на период 2021-2025 гг.). Кроме того, основные направления инновационного развития обозначены в Стратегии «Наука и технологии: 2018-2040», утвержденной постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси от 26.02.2018 № 17.



<sup>7</sup> Обзор ключевых стратегических документов на предмет установленных приоритетов в пилотных секторах представлен в Приложении 4 «Обзор национальных стратегических программ и документов».

Государственные приоритеты инновационного развития рассматриваемых секторов, установленные различными национальными программами, в значительной степени согласуются с глобальными трендами. В основе этих приоритетов – масштабная цифровизация всех производственных и управленческих процессов, автоматизация, роботизация, интеллектуализация и экологизация. Закрепление таких направлений на уровне государственных стратегических целей и задач способствует увеличению их финансирования как со стороны государства, так и за счет собственных средств организаций, и обеспечивает их скорейшее внедрение в практику. Все более глубокое проникновение указанных современных технологий в экономику постепенно формирует новые требования к человеку, вовлеченному в производственные процессы, и в этой связи можно ожидать смещение фокуса в том числе в сторону спроса на такие компетенции, как: хорошее владение современными ИТ технологиями, навыки работы с автоматизированными / роботизированными системами, развитые аналитические способности, навыки принятия решений и иные «soft skills». С другой стороны, постоянный процесс повышения эффективности производственных процессов за счет современных технологий может также повлечь за собой сокращение спроса на классический ручной труд, смещая приоритет в сторону более интеллектуализированного труда.



# 4.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ В ПИЛОТНЫХ СЕКТОРАХ

## 4.5.1. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

В мировом сельском хозяйстве выделены следующие ключевые тренды<sup>8</sup>:

### 1. УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗА СЧЕТ РОСТА УРОЖАЙНОСТИ И ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

По прогнозам, роль расширения земельных угодий в росте производства снизится, тогда как увеличение производительности будет достигаться за счет роста урожайности и интенсификации растениеводства. Этому будет способствовать развитие современных технологий, к числу которых в различных международных исследованиях и публикациях отнесены:

- **использование генеративного искусственного интеллекта (использование больших данных в сельском хозяйстве для аналитики данных и повышения эффективности принятия производственных, торговых, логистических и управленческих решений):** например, Watson Decision Platform for Agriculture разработки компании IBM, платформа AGRIVI Ed разработки одноименной компании AGRIVI;
- **использование цифровых двойников** для оптимизации полевых испытаний: например, платформа AgTwin, разработанная компанией Agropomeu в рамках сотрудничества с Microsoft;
- **увеличение числа используемых автономных машин** (умные машины, работающие на основе искусственного интеллекта): автономная сельскохозяйственная техника (представлена у всех крупнейших производителей сельскохозяйственных машин), роботы для сбора урожая (робот Virgo, разработанный компанией Root AI), роботы для уничтожения сорняков и других операций, связанных с уходом за культурами (FarmDroid FD20 одноименной датской компании для посева и прополки различных культур,) и др.;

<sup>8</sup> Подробная информация о международных тенденциях и трендах развития сельского хозяйства представлена в приложении 5 «Международные тенденции и тренды развития в сельском хозяйстве».

- **использование сельскохозяйственных дронов;**
- **технологии точного земледелия** (подход к управлению хозяйством, в рамках которого наблюдаются, измеряются и анализируются потребности отдельных полей и культур) – примером может служить продукт компании OneSoil, основанной в Беларуси, который позволяет определить подходящие для земледелия поля, рассчитать для них зоны продуктивности и создать карты для дифференцированного внесения;
- **развитие сельского хозяйства в контролируемых условиях, в том числе вертикальных ферм** (Van der Hoeven, iFarm, Intelligent Growth Solutions и др.), что означает внедрение технологий, позволяющих эффективно управлять температурой, уровнем углекислого газа и кислорода, влажностью и другими важными показателями, что позволяет как снизить затраты, так и добиться идеальных условий для максимизации производительности.

### 2. УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ КОРМЛЕНИЯ, РАЗВЕДЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ СКОТА

Ожидается, что в ближайшее десятилетие росту мирового производства мяса будут способствовать глобальное увеличение поголовья стад и повышение производительности на одно животное. Повышение производительности во многом является результатом **роста числа технологических решений для улучшения контроля за содержанием животных**. Для отслеживания состояния стада широкое распространение получают датчики, чаще в форме ошейников, креплений на хвост или ногу животного, которые собирают данные о поведении в **предикативную аналитику и практические рекомендации**. Так, например, нидерландская компания Connecterra предлагает интеллектуальный помощник в виде датчика, который надевается на животное, позволяя определять время отела, ранжировать животных по индивидуальной эффективности и отслеживать изменения в окружающей среде (подстилка, корм). Израильская компания Afimilk, в свою очередь, предлагает датчик, который позволяет определять жар, идентифицировать животных, предупреждать об отеле, вести учет отдыха и общего самочувствия. Американская компания FarrPro разрабатывает решения для создания идеальных условий на свинофермах. Компания предлагает ушные бирки, фиксирующие данные о температуре тела, поведении и признаках заболевания, а также специализированные системы обогрева для родившихся поросят и их матери.

### 3. УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ

Молочное производство, согласно прогнозам, останется самым быстрорастущим сектором в ближайшее десятилетие за счет увеличения поголовья и повышения производительности на одно животное. Этому непосредственно способствует **совершенствование технологий разведения и содержания животных**. Устоявшимся трендом в молочном производстве является использование **автоматизированных систем доения**. Lely Industries, голландский производитель сельскохозяйственной техники, один из ведущих производителей роботов для молочного производства, предлагает один из самых передовых вариантов системы доения. Система спроектирована с целью устранить лишние препятствия посредством проходной конструкции и сократить стресс коровы во время доения, обеспечивая непрерывное взаимодействие с остальным стадом и своевременную подачу корма. Положение коровы отслеживается сенсорно без прикосновений. Сканирование и прикрепление чашечек происходит точно с имитацией поведения теленка. Процесс завершается очисткой вымени для поддержания гигиены, качество получаемого молока постоянно измеряется.

### 4. СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

По прогнозам, прямые выбросы углерода в сельском хозяйстве в предстоящее десятилетие увеличатся на 7,5%, в то время как прогнозируемый рост производства составит 13%. **Использование роботов и дронов способствует снижению углеродоемкости** ввиду возможности точечного применения удобрений и пестицидов, оптимизации процессов обработки почвы, посева, полива и сборки, снижения потребления ресурсов, уменьшения транспортных расходов. Одним из примеров технологии в данном направлении является универсальный робот датской компании FarmDroid. Во-первых, робот работает на солнечных батареях, обеспечивающих до 24 часов ежедневной работы без выбросов CO<sub>2</sub>. Во-вторых, используя высокоточный RTK GPS, робот отмечает местопо-

жение культуры при посеве и впоследствии выполняет механическое уничтожение сорняков как в ряду, так и внутри ряда. Уникальная точность при посеве позволяет очищать культуру вплотную и тем самым минимизировать или исключить необходимость ручной борьбы с сорняками.

### 5. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В контексте цифровизации сельского хозяйства можно выделить несколько стран-лидеров.

Государственная политика США сосредоточена на цифровизации экономики сельского хозяйства в первую очередь посредством развития и внедрения систем точного земледелия, цифровых финансовых услуг и учета и управления данными, распространению интернета на сельских территориях.

Нидерланды выделяются своими инновациями в синергии тепличных хозяйств и цифровых технологий. Страна является одним из крупнейших экспортеров сельскохозяйственной продукции. В Нидерландах создан регион Food Valley, где сосредоточены международные пищевые компании и научно-исследовательские институты для разработки инновационных решений для отрасли. Также в стране работают Вагенингенский университет и научно-исследовательский центр сельскохозяйственных знаний — ведущий в мире научно-исследовательский институт в области сельского хозяйства, реализующий широкий перечень проектов, сосредоточенных на таких направлениях, как искусственный интеллект для анализа данных, робототехника и поддержка принятия решений.

Использование современных информационных и коммуникационных технологий также является одним из ключевых направлений развития сельского хозяйства и в Германии. Аналогично политике, проводимой в США, Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства Германии активно работает над обеспечением покрытия территории страны высокоскоростным интернетом. С 2020 года министерство также финансирует тестовые «цифровые поля» в агрохолдингах для проверки цифровых технологий.

В Израиле работает национальная инициатива Digital Israel, направленная на развитие информационных технологий, в рамках которой каждый проект широко обсуждается при участии представителей министерств, специалистов ИТ индустрии и граждан, после чего запускаются пилотные проекты для апробации инновационных технологий. В Израиле расположены научно-исследовательские институты, в частности, центр Вулкани, занимающиеся разработками для сельского хозяйства.

Согласно публикации Колледжа сельского хозяйства и биологических наук (один из восьми колледжей Вирджинского технологического института в США, который предлагает обучение по одним из лучших сельскохозяйственных программ в США), наиболее перспективными технологиями и направлениями в отрасли, обеспечивающими наибольшую эффективность и устойчивость сельского хозяйства, являются **улучшенная генетика** сельскохозяйственных культур и животных, технологии **точного земледелия** и **точного животноводства**, **управление состоянием почвы** и водопотреблением, **борьба с пестицидами и болезнями**, **механизация и автоматизация** (техника точного высева, дроны, автономная сельскохозяйственная техника и сельскохозяйственные роботы), **цифровые платформы** для управления и обмена данными, а также обучения в отрасли.

Ключевые глобальные технологические тренды в сельском хозяйстве продиктованы **постоянным движением в сторону повышения эффективности производственных и управленческих процессов** (т.е. снижения затрат и повышения производительности), при том, что **важным аспектом остается вопрос сокращения углеродного следа**. **Цифровые решения, анализ больших данных, использование возможностей искусственного интеллекта и предикативной аналитики, автономные сельскохозяйственные машины и роботы,**

автоматизированные системы и комплексы в животноводстве, технологии точного земледелия и точного животноводства – все это может быть названо в числе ключевых технологических трендов, которые уже внедряются в отрасли в наиболее развитых странах мира. Государственные приоритеты развития сельского хозяйства в Республике Беларусь, а также анализ инновационной активности в секторе со стороны экономических агентов указывают на то, что республика не остается в стороне от указанных трендов и в той или иной степени будет внедрять их, что, в свою очередь, будет формировать новый запрос со стороны сельскохозяйственных предприятий в отношении кадров и требуемых компетенций.

### 4.5.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ

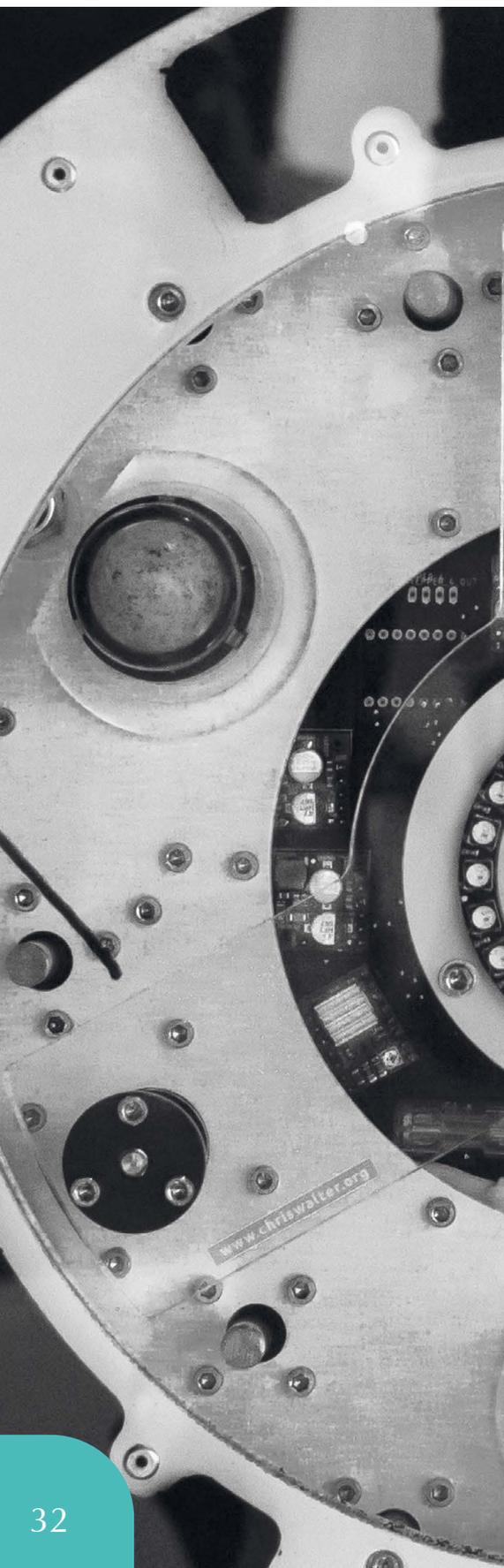
Нынешний этап цифровизации промышленного сектора определяют как **Индустрия 4.0**. С появлением Индустрии 4.0 производственные компании начали активно использовать в производстве интеллектуальные технологии, что позволило компаниям стать более конкурентоспособными и производительными.

#### ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ИНДУСТРИИ 4.0:

- **Анализ больших данных:** предполагает сбор и анализ данных из различных источников для принятия более эффективных решений и анализа;
- **Автономные роботы:** интеллектуальные роботы, которые могут выполнять повторяющиеся задачи, ранее выполняемые людьми; в процессе выполнения задач они могут обрабатывать информацию и принимать решения;
- **Симуляция:** использование данных реального мира для имитации работы промышленного продукта или процесса;
- **Системная интеграция:** объединение данных из различных отделов компании в организованную и централизованную систему;
- **Интернет вещей (IoT):** физические объекты, связанные друг с другом с помощью датчиков, программного обеспечения и технологий, обеспечивающих взаимодействие;
- **Кибербезопасность:** обеспечение безопасности данных происходит благодаря надежным информационным системам;
- **Облачные вычисления:** данные и их анализ хранятся в облаке, поэтому доступ к ним возможен в режиме реального времени из любой точки мира;
- **Аддитивное производство:** 3D-печать, позволяющая создавать более легкие и прочные детали и системы;
- **Дополненная реальность:** продукт или физический предмет сочетается с виртуальной реальностью, чтобы улучшить промышленные процессы.

В развитие Индустрии 4.0 получает распространение и Индустрия 5.0, которая является следующим шагом в развитии промышленности. Индустрия 5.0 — это возобновление участия человека и разума в промышленной структуре для обеспечения сотрудничества человека и робота, а также обеспечения устойчивости. Некоторые компании можно считать пионерами в использовании Индустрии 5.0 – классическими примерами являются Tesla Motors, Apple и Boeing. В глобальном контексте большинство компаний все еще находятся на различных стадиях внедрения Индустрии 4.0.

Принимая во внимание специфику структуры сектора машиностроения в Республике Беларусь, отдельное внимание при изучении ми-



рового опыта уделено глобальным трендам в автомобилестроении<sup>9</sup>. Элементы Индустрии 4.0 активно применяются в секторе для оптимизации производственных процессов и улучшения эффективности. Странами-лидерами в автомобилестроении и фактически задающими тренды развития сектора, являются США и Германия.

Американская транснациональная компания Nvidia Corporation производит процессоры данных для защиты самоуправляемых автомобилей. Salesforce, одна из крупнейших компаний по производству облачного программного обеспечения, предлагает облачные решения по автоматизации продаж, обслуживания и ремонта автомобилей с подробным анализом эффективности на основе искусственного интеллекта. Американские Uptime AI и Datamyte разрабатывают программное обеспечение для мониторинга и контроля производства с целью анализа данных и оптимизации эффективности. Компания Axelog является поставщиком программного обеспечения по интеграции и управлению ключевыми элементами автомобильного производства.

В Германии большинство крупнейших автомобильных производителей участвуют во внедрении технологий Индустрии 4.0. Некоторые автопроизводители — Mercedes-Benz и BMW — используют на своих заводах роботов (совместных роботов, которые безопасно работают вместе с людьми в общем рабочем пространстве). Компания BMW одной из первых начала использовать дополненную реальность в автомобильной промышленности и с 2010 г. совершенствует концепт, в котором лобовое стекло может быть использовано в качестве дисплея. Кроме того, корпорация BMW одной из первых в автомобилестроении заявила о готовности внедрения человекоподобных роботов общего назначения на своем заводе в США.

Глобальное долгосрочное развитие отрасли машиностроения неразрывно связывается с технологиями Индустрии 4.0 и далее Индустрии 5.0, что означает масштабную цифровизацию, автоматизацию и роботизацию промышленного производства и, соответственно, приоритет развития технологий, связанных с искусственным интеллектом, анализом больших данных, роботизацией, симуляцией, дополненной реальностью, IoT, кибербезопасностью. Чем более глубоко будут проникать такие технологии в мировое промышленное производство, тем более будет снижаться потребность в классическом ручном труде и повышаться спрос на более квалифицированный, интеллектуализированный труд. Развитие концепции Индустрии 4.0 обусловлено запросом на постоянное повышение эффективности производственного процесса, и, соответственно, глобальная конкуренция будет требовать от белорусских производителей внедрения аналогичных решений. Несмотря на то, что пока еще рано говорить о системном и комплексном переходе белорусской промышленности к основам Индустрии 4.0, а скорее лишь о ее отдельных элементах и точечных примерах производств, проводимая модернизация в белорусской промышленности является в том числе ответом на вызовы глобальной конкуренции. Соответственно, все более активное проникновение современных технологий в белорусской промышленности будет постепенно формировать новые требования к компетенциям рабочего персонала, выраженные как в полном замещении ряда операций роботизированными механизмами, так и в повышенных требованиях к умениям работать с автоматизированными и роботизированными системами.

<sup>9</sup> Подробная информация о международных тенденциях и трендах развития машиностроения представлена в приложении 6 «Международные тенденции и тренды развития в машиностроении».



### 4.5.3. СТРОИТЕЛЬСТВО

Элементы Индустрии 4.0, такие как **цифровизация, автоматизация и интернет вещей**, привносят глубокие изменения в том числе и в строительную отрасль<sup>10</sup>, способствуя повышению производительности, оптимизации ресурсов, сокращению времени на строительство, улучшению качества работ и безопасности на строительных площадках. По данным компании SEMEX, финансирование строительных технологий в 2022 г. достигло рекордного уровня в 5,38 млрд долларов США, из которых большая доля пришлась на США и ЕС.

Элементы Индустрии 4.0. меняют подход к проектированию, строительству и управлению объектами как на этапах реализации проектов, так и при необходимости полного управления ходом работ от начала моделирования до сдачи объекта в эксплуатацию.

Американские компании предлагают широкий **перечень решений как для документирования и анализа хода строительства на площадке, так и для автоматизации строительного проекта в целом**. Например, платформа HoloBuilder является системой для работы с большими данными, которая предоставляет доступ к строительной площадке из любого места и позволяет анализировать ход работ с помощью искусственного интеллекта, а также хранить все цифровые активы в упорядоченном виде. Procore, в свою очередь, является одной из лучших программ для управления строительными проектами, предлагая инструменты для коллективной работы, работы с документами и финансами в режиме реального времени. Кроме того, программа соответствует мировым стандартам конфиденциальности и использует многоуровневую систему для защиты данных.

Большинство систем для управления строительными проектами являются облачными, что исключает необходимость в обширной инфраструктуре и высоких капитальных вложениях. Американская компания Autodesk предлагает унифицированную платформу Autodesk BIM 360, разработанную с использованием лучших практик облачного программирования на базе Amazon Web Services. Функционал платформы включает возможность **управления проектами, безопасностью, совместную работу над проектом, управление документацией, качеством, затратами и предиктивную аналитику на основе искусственного интеллекта**.

**Автономные работы** как еще один элемент Индустрии 4.0 также актуальны для использования в строительной отрасли ввиду выполнения задач быстрее и более точно, исключения ошибок, отсутствия рисков при реализации опасных задач. Строительных роботов можно разделить на три основные категории: полуавтономные, полностью автономные и телеуправляемые роботы. Полуавтономные и телеуправляемые роботы требуют определенного участия человека. Например, робот SAM (Semi-Automated Mason) американской Construction Robotics может укладывать кирпичи с невероятной скоростью, в то время как человек контролирует процесс. В работе автономных роботов исключается необходимость вмешательства человека. Примером этой категории является Jaibot компании Hilti (Лихтенштейн) – робот для сверления потолков. Запрограммированный с учетом специфики

<sup>10</sup> Подробная информация о международных тенденциях и трендах развития машиностроения представлена в приложении 7 «Международные тенденции и тренды развития в строительстве».

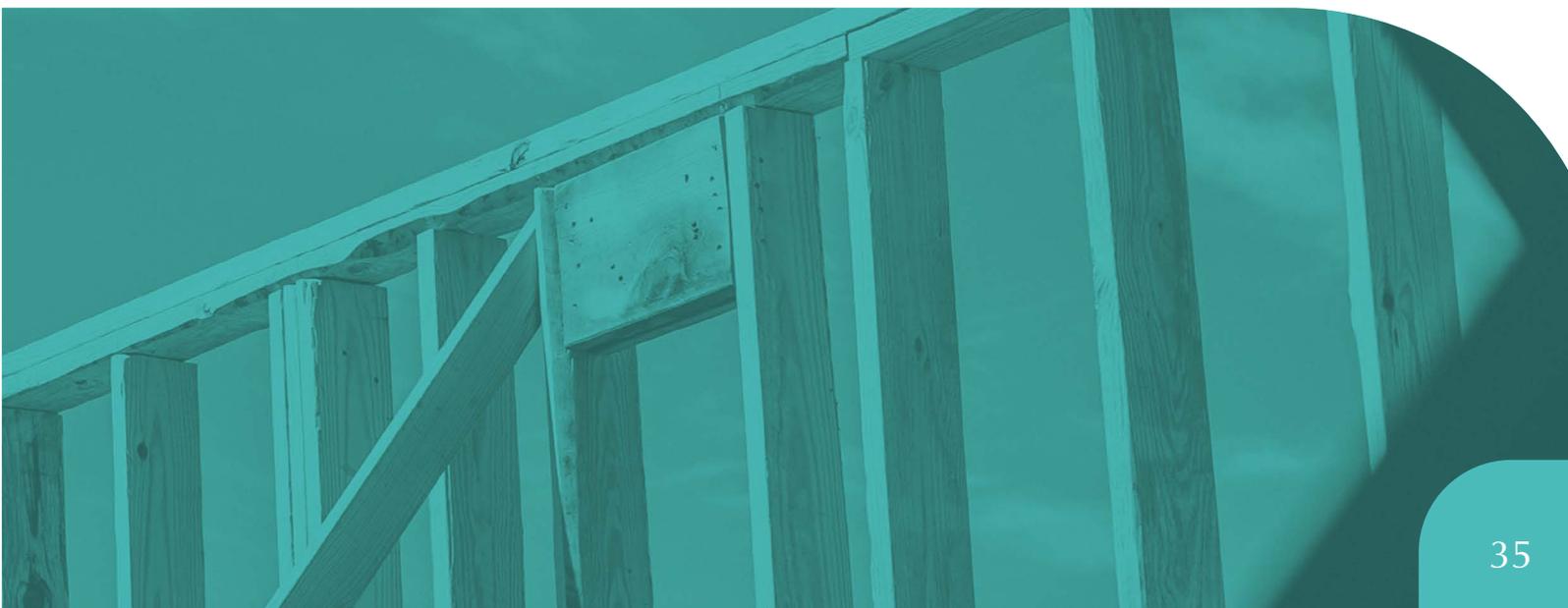
работы, Jaibot может сверлить отверстия для электропроводки по заранее заданному шаблону. Его датчики и функции безопасности обеспечивают работу в рамках заданных параметров.

Отдельно необходимо отметить **использование экзоскелетов или носимых роботов** в строительной отрасли. Экзоскелеты американской компании Ekso Bionics позволяют поднимать тяжелые материалы, увеличивают выносливость и точность человека и снижают риск травм, тем самым повышая безопасность и производительность на строительных площадках.

**Симуляционное программное обеспечение для строительства** является необходимым элементом архитекторов, инженеров и конструкторов для создания виртуальных моделей зданий и тестирования различных сценариев еще до начала физических работ. Широкое распространение получает использование соответствующего программного обеспечения вместе с **технологиями дополненной реальности** для возможности визуализации конечного результата непосредственно на строительной площадке. Компания GAMMA AR из Люксембурга является одним из разработчиков подобных платформ. Решение компании использует технологии дополненной реальности для наложения трехмерных информационных моделей зданий на строительные площадки с помощью смартфонов или планшетов. При этом решение позволяет визуализировать не только общую модель здания, но и схему расположения трубопроводов, электрических коммуникаций, текстовых данных и прочих элементов.

**Аддитивные технологии** в строительстве также предоставляют новые возможности для создания уникальных конструкций и ускорения строительного процесса. Системы 3D-печати, созданные специально для строительства, обычно называют строительными 3D-принтерами. Проект начинается с создания цифровой 3D-модели сооружения. Затем печатный робот или порталная система по заранее запрограммированной траектории наносит каждый слой материала до тех пор, пока не будет построена вся конструкция. Примером данной технологии выступает порталный принтер для бетонной печати больших объектов датской компании COBOT. Оператор перемещает в трехмерном пространстве печатающую головку, которая выдавливает строительный материал, что позволяет получить доступ к любой точке в пределах области печати.

В целом, глобальные тренды в строительстве также **связываются с концепцией Индустрии 4.0** и могут быть условно разделены на две основных группы – **цифровизация процессов управления строительством** (от проектирования до управления готовым объектом строительства) и **новые технологии непосредственно в строительстве** (роботы и роботизированные системы и техника, аддитивные технологии и др.). В общем, белорусский строительный сектор развивается в том же направлении, похожие стратегические приоритеты прописаны в государственных программах. В той или иной степени, белорусские строительные и инженеринговые организации уже внедряют новые технологии, однако степень их проникновения в секторе пока оценивается как невысокая.



# 4.6. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

## 4.6.1. РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (ЗДЕСЬ И ДАЛЕЕ В РАЗДЕЛЕ – СПО) В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ВКЛЮЧАЮТ:

- **обеспечение практического, прикладного характера подготовки**, приближение содержания и методик обучения к реалиям производственного процесса (например, начиная с 2022 г. демонстрационный экзамен стал ведущей формой проведения итоговой аттестации для выпускников);
- **повышение качества общеобразовательной подготовки** (через внедрение современных методик преподавания по обязательным общеобразовательным предметам, повышение квалификации педагогов);
- **обновление материально-технической инфраструктуры** (улучшение материальной базы, обновление содержания, внедрение новых образовательных технологий; планируется создание в колледжах 5 тысяч мастерских, оснащенных современной базой по одной или нескольким компетенциям);
- **цифровая трансформация системы СПО** (федеральный проект «Кадры для цифровой экономики» направлен на подготовку кадров в новых цифровых реалиях, согласно которому в ближайшие годы значительная часть выпускников СПО (в 2024 г. – 800 тыс.) должна обладать ключевыми компетенциями цифровой экономики; проект ставит целью формирование цифровых компетенций у каждого студента, прошедшего обучение по программам высшего и среднего профессионального образования; предусматривается оснащение современными онлайн-сервисами образовательных организаций, обеспечение верифицированным образовательным контентом);
- **развитие кадрового потенциала** (повышение квалификации и переподготовка преподавателей, мастеров производственного обучения и экспертов; важную роль в этом процессе играет Академия Ворлдскиллс Россия – структурное подразделение АНО «Агентство развития профессионального мастерства

(Ворлдскиллс Россия)»; в российские колледжи для целей развития кадрового потенциала также планируется приглашать опытных специалистов с ведущих предприятий, для которых для их вовлечения в педагогическую деятельность планируется разработать и провести специальные обучающие курсы на базе университетов; предполагается организация массовых стажировок преподавателей и мастеров на предприятиях – ежегодно 3 тыс. педагогических работников будут проходить стажировку на профильных предприятиях для знакомства с новыми технологиями и требованиями к выпускникам, предъявляемыми работодателями);

- реализация федерального проекта «Профессионалитет».

Ключевое направление развития СПО в Российской Федерации на сегодняшний день – это реализация проекта «Профессионалитет» (далее – проект «Профессионалитет») с 2022 г. Данный проект является одной из инициатив социально-экономического развития до 2030 г. Основные базовые принципы проекта «Профессионалитет» могут быть резюмированы следующим образом:

### 1. СОЗДАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ (КЛАСТЕРОВ), ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ СОБОЙ ИНТЕГРАЦИЮ КОЛЛЕДЖЕЙ И БИЗНЕСА (ОРГАНИЗАЦИЙ – ЗАКАЗЧИКОВ КАДРОВ):

- а. Проведение модернизации выбранного в рамках кластеров колледжа (создание современных мастерских с высокотехнологичным оборудованием);
- б. Формирование в выбранном колледже новой управленческой структуры и кадрового состава, обновление содержания и структуры образовательных программ, создание учебно-производственных комплексов;

### 2. ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ:

- а. **Интенсивный** характер обучения (запуск более коротких образовательных программ на 2–3 года вместо 4-летнего периода обучения);
- б. Ориентация образовательных программ на **потребности отраслевых рынков труда и конкретных предприятий**;
- с. Программы обучения, разработанные **в партнерстве с работодателями**;
- д. Упор на **практику и информационные технологии**;
- е. **Модульная структура учебного содержания**, позволяющая создавать уникальные образовательные программы, учитывающие особенности квалификационных требований предприятий и запросы самих учащихся и их семей (**«цифровой конструктор компетенций»**);
- ф. **Стажировки и возможность трудоустройства** в ведущих отраслевых компаниях;
- г. Компетентные преподаватели с **практическим опытом**.

С момента запуска проекта уже создан 201 кластер, обучение прошли 866,6 тыс. студентов (выпускники 9-11 классов). К 2026 г. планируется создать уже 560 кластеров.

Реализация проекта «Профессионалитет» осуществляется по отраслевому принципу: сельское хозяйство, строительная отрасль, а также машиностроение, авиа- и судостроение относятся к числу 23 секторов, в которых реализуется проект.

В сельском хозяйстве участие в проекте «Профессионалитет» принимает порядка 30 учреждений образования, к числу востребованных в них профессий указываются как традиционные профессии, так и **некоторые обновленные (новые) профессии, отражающие тренд цифровизации и автоматизации в отрасли** (оператор птицефабрик (свиноводческих, животноводческих комплексов) и механизированных ферм, электрификация и автоматизация сельского хозяйства, техник-электрик по электрификации и автоматизации сельского хозяйства, информационные системы и программирование, оператор информационных систем и ресурсов). Со стороны работодателей в проекте участвует более 140 организаций.

В строительной отрасли в проекте участвует 10 учреждений образования, к числу востребованных в них профессий отнесены также в основном традиционные строительные профессии, однако в отдельных учреждениях образования заявляется подготовка по таким специальностям, как информационные системы и программиро-

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

вание, аддитивные технологии, информационное моделирование в строительстве, обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем, информационные системы обеспечения градостроительной деятельности. Со стороны работодателей в проекте участвует более 30 строительных организаций.

В машиностроении (включая авиа- и судостроение) в проекте участвует около 50 учреждений образования, к числу востребованных в них профессий отнесены как традиционные профессии, так и новые (обновленные) профессии, отражающие тренды цифровизации и роботизации в машиностроении: наладчик станков и манипуляторов с программным управлением, оператор станков с программным управлением, наладчик автоматических линий и агрегаторных станков, наладчик автоматов и полуавтоматов, специалист по информационным системам / ресурсам, компьютерные системы и комплексы, мехатроника и мобильная робототехника, токарь на станках с числовым программным управлением, фрезеровщик / зуборезчик / шевинговальщик на станках с числовым программным управлением, техническая эксплуатация и обслуживание роботизированного производства, техник по оснащению средствами автоматизации технологических процессов и производств, техник-мехатроник, программист, компьютерные системы и комплексы, обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем, аддитивные технологии.

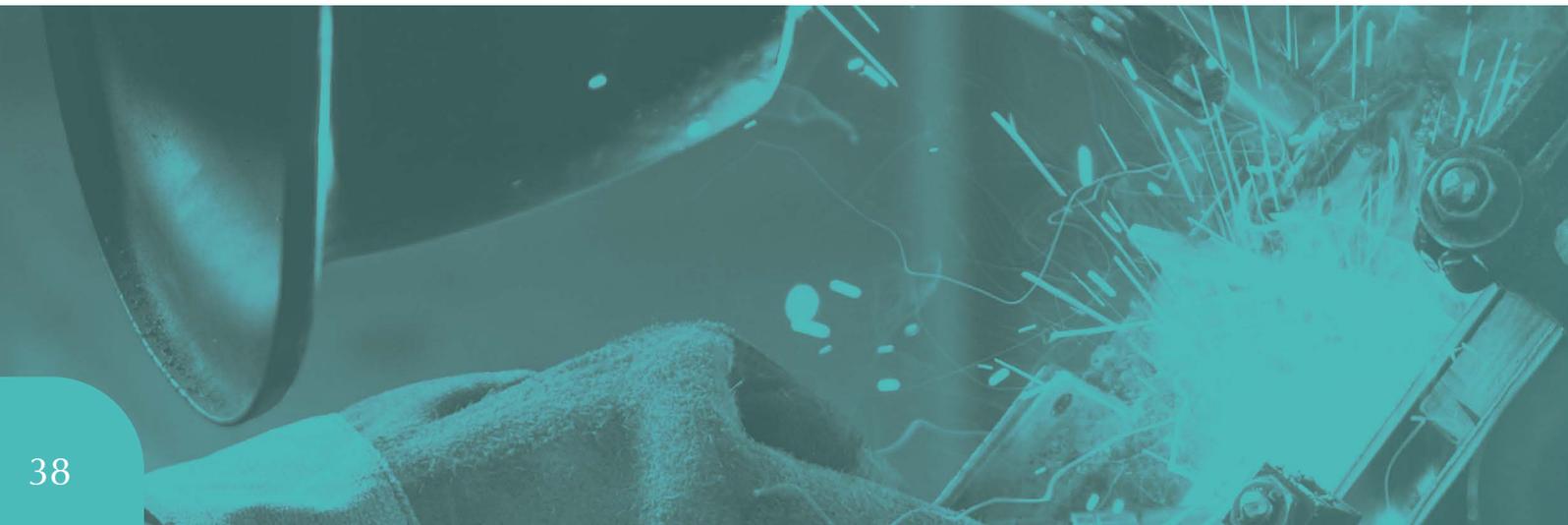
### ЧАСТЬЮ ПРОЕКТА «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ» ЯВЛЯЮТСЯ ТАКЖЕ ТАКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, КАК:

стажировки для повышения квалификации для преподавателей СПО (в 2023 г. планировалось провести обучение свыше 4 тысяч педагогических работников системы СПО, реализующих программы по новой образовательной технологии; такие стажировки проводятся на базе современных учреждений образования и на предприятиях – лидерах в отрасли; в период стажировки педагогические работники изучают передовой опыт организации производственных процессов, инновационные технологические достижения, формируют и совершенствуют навыки работы на современном оборудовании, изучают технологии и внедрение «бережливого производства», осваивают цифровые компетенции, приобретают производственные навыки и умения для повышения эффективности практической подготовки студентов; обучение предусматривает также проведение демонстрационного экзамена);

организация обучения школьников в профильных классах (пример — образовательный проект для школьников «Агроклассы» в Ростовской области, где обучение по такой модели проходит около 500 школьников);

конкурсы профессионального мастерства среди обучающихся и преподавателей (пример — Всероссийский конкурс «Мастер года», организуемый Институтом развития профессионального образования (Москва) для преподавателей).

Реализация федерального проекта «Профессионалитет» является одной из стратегических целей современного этапа развития СПО в Российской Федерации. Основные принципы, на которых строится проект «Профессионалитет» — консолидация ресурсов образования, бизнеса и государства, максимальная ориентированность обучения на практику, подготовка специалистов по востребованным профессиям, интенсификация процесса обучения (сокращение его сроков).



ПОМИМО ПРОЕКТА «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ», В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МОГУТ БЫТЬ ОТМЕЧЕНЫ ТАКЖЕ СЛЕДУЮЩИЕ ПРОЕКТЫ И ИНИЦИАТИВЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПОДГОТОВКОЙ ВОСТРЕБОВАННЫХ КАДРОВ В РАССМАТРИВАЕМЫХ СЕКТОРАХ:

1. **Консорциум «АПКадры»**, созданный в 2022 г. проектом «Университет НТИ 2035», Агентством стратегических инициатив (АСИ), Россельхозбанком, ОХК «Уралхим» и Российским государственным аграрным университетом (МСХА им. К. А. Тимирязева) (в составе консорциума более 20 участников из числа высших учебных заведений, предприятий, институтов развития; основная заявленная задача — повышение компетенций специалистов, обеспечивающих деятельность АПК на всех уровнях образования — от среднего и высшего до дополнительного профессионального; проект в том числе направлен на создание коммуникационной площадки для представителей бизнеса, образовательных организаций, органов власти и институтов развития, в перспективе консорциум будет также заниматься вопросами проектирования и поддержки национальных программ кадрового обеспечения отрасли; предполагается, что к консорциуму будут подключаться все крупные агрохолдинги и технологичные компании, разработчики решений в области беспилотной авиации и будут ставить задачи по подготовке кадров, способных удовлетворить будущий спрос в отрасли, и привлечению в отрасль талантов);
2. **Агентство развития профессий и навыков «WorldSkills»**, созданное Правительством Российской Федерации и Агентством стратегических инициатив (основные направления работы агентства включают формирование на основе лучших мировых практик передовых стандартов профессий, навыков и их внедрение в практику, проведение чемпионатов профессионального мастерства, переподготовку по передовым стандартам профессий и навыков; в 2022 г. на инфраструктуре «WorldSkills» было проведено повышение квалификации для 1233 рабочих, организовано 15 корпоративных центров опережающей подготовки на базе предприятий – участников национального проекта «Производительность труда»; с 2016 г. участником образовательных программ агентства стал каждый пятый педагогический работник системы СПО, 21,3 тыс. преподавателей и мастеров повысили квалификацию, 2283 были сертифицированы в качестве экспертов-мастеров, управленческий модуль программы прошли 300 директоров колледжей, 70,8 тыс. сотрудников сертифицированы в качестве экспертов демонстрационного экзамена и чемпионата WorldSkills);
3. **Индивидуальные практики наставничества на отдельных предприятиях** (пример – система обучения операторов станков с числовым программным управлением, налаженная в группе КОBLiK, являющейся производителем элеваторной и прицепной техники; компания проводит обучающие занятия для желающих овладеть современными навыками для работы в машиностроении, как в классах, так и на практике – непосредственно на механической обработке на площадках предприятия, с отработкой практических навыков на специальных тренажерах; более 100 человек прошли такое обучение за последние годы);

Ключевой подход к развитию системы СПО в Российской Федерации предусматривает выстраивание сетевого взаимодействия между различными участниками и заинтересованными сторонами образовательного процесса, охватывающего учреждения образования всех уровней, корпоративный сектор (заказчиков кадров), инвесторов и др. как на федеральном, так и на региональном уровнях.

## 4.6.2. СТРАНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

В ЕС развитие системы профессионального образования<sup>11</sup> выстраивается вокруг двух ключевых глобальных трендов – **цифровизация экономики и развитие зеленых технологий**. В этой связи могут быть отмечены такие европейские инициативы, как European Skills Agenda (5-летний план, направленный на поддержку населения и бизнеса по развитию востребованных в экономике навыков), European Education Area (Европейское пространство высшего образования), Digital Education Action Plan (европейская инициатива на период 2021–2027 гг., содержащая видение высококачественного, инклюзивного и доступного цифрового образования в Европе и направленная на поддержку адаптации систем образования и обучения государств-членов к цифровой эпохе). Профессиональное образование является одним из важнейших элементов всех европейских инициатив, связанных с цифровой трансформацией.

**В ЧАСТИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НЕОБХОДИМО ОТМЕТИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ И ИНИЦИАТИВЫ В ЕС:**

1. Рекомендация Совета от 24 ноября 2020 года о профессиональном образовании и обучении для обеспечения устойчивой конкурентоспособности, социальной справедливости и устойчивости (2020);
2. Оснабрюкская декларация.

Указанные рамочные стратегические документы описывают общие направления развития системы профессионального образования в странах ЕС, включающие в том числе:

- Качественное, инклюзивное и гибкое профессиональное образование, адаптирующееся под изменяющиеся потребности рынка труда, доступное для всех;
- Формирование новой культуры обучения на протяжении всей жизни – важность непрерывного профессионального образования (CVET) и цифровизации;
- Устойчивое развитие и «зеленые» компоненты в профессиональном образовании, профессиональное образование как драйвер инноваций и роста, а также трамплин для реализации цифрового и «зеленого» перехода в востребованных профессиях;
- Адаптация системы профессионального образования под индивидуальные потребности обучающихся, обеспечение необходимой гибкости процесса обучения и возможностей для постоянного развития и повышения квалификации;
- Современные цифровые методы обучения, постоянное развитие профессиональных навыков и компетенций преподавательского состава;
- Единое Европейское пространство образования и международное профессиональное образование;
- Обеспечение качества системы профессионального образования – Европейская система гарантии качества (EQAVET Framework).

<sup>11</sup> Данный термин в настоящем разделе Исследования используется в качестве описывающего систему VET в ЕС

## КЛЮЧЕВЫЕ ОБЩИЕ ТРЕНДЫ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ, КОТОРЫЕ В РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ХАРАКТЕРНЫ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ СТРАН В ЕВРОПЕ:

**Сокращение количества квалификаций при усилении образовательных компонентов общего плана и усиливающийся фокус на развитие трансверсальных навыков в образовательных программах и квалификациях:**

- в Финляндии был реализован ряд реформ в образовании, результатом которых стало увеличение общеобразовательных предметов (с 13% до 31% от общего количества часов в программах двухгодичного обучения в результате Реформы 94); основной аргумент таких изменений – подготовка к изменениям в потребности в навыках в будущем; далее в 2006 году была проведена еще одна реформа, в результате которой на всех уровнях обучения было усилено внимание формированию общих навыков (чтение, письмо, математика и цифровые компетенции), что далее увеличило долю общеобразовательных предметов до 50% по отношению к профессиональным предметам; новая реформа, начатая в 2020 г., отражает переход от учебных программ, основанных на содержании, к учебным программам, основанным на компетенциях, включающим в том числе такие аспекты, как демократия и гражданство, устойчивое развитие, общественное здоровье и жизненные навыки в различных секторах;
- с другой стороны, новые реформы образования в Литве, которые реализуются с 2019 г., напротив, направлены на сокращение общеобразовательных предметов, которые доминировали в программе до этого (80%), в результате чего их доля сократилась до 50%; в то же время вместе с ростом доли профессиональных предметов увеличивается также и доля трансверсальных навыков в обучении (с 5% до 15%);
- в Чехии, несмотря на снижение в трехлетних программах доли общеобразовательных предметов и увеличение доли профессиональных, в четырехлетних программах тренд иной – больше внимания уделяется общеобразовательным предметам, и меньше – профессиональным (общеобразовательный компонент возрос с менее 40% до более чем 50%, а некоторые предметы – ИКТ и экономика — стали рассматриваться как общеобразовательные, хотя ранее рассматривались как профессиональные для конкретных профессий);
- в Дании реформа, начатая в 2015 г., привела к более выраженному фокусу на общеобразовательные предметы, но они были интегрированы в профессиональные дисциплины (например, обучение плотников математике и алгебре было внедрено как часть профессионального практического обучения, вместо преподавания теории в классах, как это было ранее).

**Фокус в учебных программах на практические занятия и обучение непосредственно на рабочем месте** (несмотря на кажущееся противоречие с описанным выше трендом, следует отметить, что развитие общеобразовательных дисциплин и трансверсальных навыков не происходит в странах ЕС за счет практического обучения и обучения на рабочем месте, роль которого также остается важнейшей, что подтверждается в том числе приведенным выше примером в Дании; кроме того, непосредственная рабочая среда является еще более идеальным по сравнению с классной комнатой местом для обучения многим трансверсальным навыкам, в том числе таким как работа в команде, решение проблем):

- в Польше с 2018/2019 учебного года для всех учреждений введено обязательное требование по подписанию соглашений с работодателями, которые бы позволили увеличить долю обучения студентов на рабочем месте;
- в Норвегии в результате реформы 2006 г. в первый и второй год обучения было внедрено углубленное изучение профильной специальности, основной целью чего было предоставление возможности студентам получить практические навыки и опыт через занятия в мастерских учреждения образования или же через прохождение практики на предприятиях; до этой реформы первые два года в четырехлетней модели предусматривали обучение исключительно в классах;
- на Кипре с 2016/2017 учебного года введена обязательная производственная практика длительностью 4 недели (для практического направления) и 2 недели (для теоретического направления) по окончании 1 и 2 года обучения.

**Усиление взаимодействия с работодателями:**

- согласно опросу, проведенному среди учреждений образования Европейским центром профессиональной подготовки – CEDEFOP, в половине из опрошенных учреждений образования констатировано углубление взаимодействия с организациями-работодателями, в том числе в части разработки образовательных программ;

Возрастающая автономия учреждений образования в части разработки и реализации образовательных программ. Большая автономия, как правило, связывается также с модуляризацией квалификаций, что позволяет формировать индивидуальные учебные программы и гибких моделей обучения:

- в Нидерландах внедряется модель кросс-квалификаций, которые представляют собой квалификации из других секторов и могут быть получены студентом в дополнение к квалификациям в рамках профессии; в стране разработано 135 таких кросс-квалификаций;
- учреждения профессионального образования в Польше также имеют высокую степень автономии в подготовке образовательных программ на основе базовой программы и могут выбирать предметно-ориентированные или модульные программы, которые могут быть адаптированы под потребности рынка труда;
- в Словении важным элементом автономии учреждения образования является открытая учебная программа, которая означает, что 80% программы определяется на общенациональном уровне, тогда как 20% содержания определяется самими учреждениями локально, в кооперации с компаниями и иными партнерами;
- согласно опросу CEDEFOP, все страны ЕС прогнозируют, что тренд в сторону большей автономии учреждений образования в ближайшие 10 лет будет усиливаться.

Образование взрослых (концепция непрерывного профессионального образования и подготовки, или CVET) также приобретает растущую значимость, но анализ реформ, проведенный CEDEFOP в последних исследованиях, пока не позволяет выделить какие-либо кейсы, отличающиеся особой успешностью.

Важным аспектом развития системы профессионального образования в ЕС является также проведение общенациональных исследований на предмет прогнозирования будущей потребности в навыках и компетенциях в связи с трансформацией экономики, поддержание постоянного контакта с широким перечнем заинтересованных лиц для понимания направления изменения и трендов рынка труда. Кроме того, особое внимание уделяется расширению доступности финансирования для сферы образования (на общеевропейском уровне, такие программы включают European Social Fund+, Erasmus+, the Recovery and Resilience Facility, the Just Transition Fund, InvestEU, и Horizon Europe).

### 4.6.3. ВЫВОДЫ В ЧАСТИ ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЗАИМСТВОВАНИЯ И АДАПТАЦИИ ОПЫТА

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕННОГО ОБЗОРА МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И В СТРАНАХ ЕС РЕКОМЕНДОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАИМСТВОВАНИЯ И АДАПТАЦИИ В БЕЛОРУССКИХ УСЛОВИЯХ:

1. Выстраивание системной работы в части проведения аналитических исследований, направленных на прогнозирование будущей потребности в кадрах, навыках и компетенциях, с включением в такую работу широкого круга заинтересованных лиц.
2. Выстраивание более тесного и многостороннего взаимодействия между учреждениями образования и предприятиями – потенциальными заказчиками кадров: в части практической подготовки обучающихся, через участие в разработке / экспертизе образовательных программ, в части предоставления возможности для стажировок преподавательского состава с задействованием инфраструктуры предприятий и кадрового потенциала, в части планирования перспективной потребности в кадрах, разработки программ наставничества.
3. Модернизация образовательной инфраструктуры в учреждениях образования, в том числе через проработку разнообразных источников и форм финансирования.
4. Обеспечение оптимального баланса между профессиональным компонентом и трансверсальными навыками («soft skills») в образовательном процессе.
5. Проработка вопроса обеспечения большей автономности учреждений образования при разработке и адаптации образовательных программ.
6. Дальнейшее развитие модульных программ обучения (обеспечение гибкости образовательного процесса, индивидуализация обучения).



# 4.7. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ФОРСАЙТ-СЕССИЙ

## 4.7.1. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

### КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ВИДЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ПО ТРЕНДАМ И ТЕХНОЛОГИЯМ В ОТРАСЛИ

В числе ключевых трендов, которые, согласно ожиданиям участников обсуждения, будут наиболее вероятно влиять на развитие сектора сельского хозяйства в Республике Беларусь в перспективе 10 ближайших лет, были выбраны:

1. Уменьшение количества людей, занятых в сельскохозяйственном производстве.
2. Увеличение доли использования высоких технологий в сельском хозяйстве (роботизация и автоматизация).
3. Увеличение спроса на универсальных (смежных) работников.
4. Увеличение объема дистанционно выполняемых работ.
5. Увеличение доли частной собственности в сельскохозяйственном производстве.
6. Рост несоответствия между полученным образованием и реальными производственными задачами и потребностями.
7. Рост спроса на здоровые продукты и экологическое производство.
8. Увеличение доли искусственной пищи (не выбран в качестве тренда на рассматриваемом горизонте, однако обсуждался в качестве одного из сценариев).

### Ключевые технологии будущего в секторе по мнению участников форсайт-сессии:

1. Технологии роботизации.
2. Автономные машины и механизмы.
3. Машинное зрение.
4. Телематика.
5. Цифровые двойники.
6. Искусственный интеллект.
7. Большие данные, предикативные модели.
8. Интернет вещей.
9. Электрификация сельскохозяйственной техники.

Перечень обозначенных участниками технологий в отрасли совпадает с рассмотренными ранее в Исследовании глобальными трендами и тенденциями в сельском хозяйстве и прежде всего имеет отношение к развитию точного земледелия, точного животноводства, автоматизации, роботизации сельскохозяйственных процессов, увеличению объема данных в отрасли. **В числе отдельных выводов, которые могут быть отмечены по результатам обсуждения, следует обозначить:**

<p>1. Социально-демографические факторы, связанные с <b>трендом сокращения численности населения, урбанизацией и низкой мотивацией</b> молодежи к выбору профессии в сельском хозяйстве, остаются важнейшими трендами для отрасли, и всеми участниками прогнозируется сохранение их сильного влияния и в долгосрочной перспективе во всех рассмотренных сценариях развития отрасли.</p>	<p>2. Указанные социально-демографические факторы в совокупности с давлением экономических факторов во многом определяют и <b>запрос на постоянное повышение эффективности сельскохозяйственных процессов</b>, результатом чего становится <b>все более активное внедрение новых технологий</b> – в первую очередь технологий точного земледелия, автоматизации и роботизации, цифровых технологий.</p>
<p>3. Обсуждение показало, что предприятия сельскохозяйственной отрасли в Беларуси характеризуются <b>открытостью новым технологиям, высокой степенью динамичности и готовностью к изменениям</b>, направленным на повышение эффективности сельскохозяйственного производства и оптимизации всех ключевых процессов.</p>	<p>4. Наиболее перспективные технологии в отрасли связываются участниками обсуждения с <b>цифровыми технологиями, технологиями автоматизации и роботизации сельскохозяйственных процессов</b>. Уже сейчас участниками отмечено, что отрасль сельского хозяйства генерирует большой объем данных, которые необходимо обрабатывать, а также растет значение таких данных для принятия управленческих решений.</p>
<p>5. Некоторыми участниками обсуждения было отмечено, что обучение новых рабочих специфике работы, выполняемым задачам и требуемому функционалу осуществляется <b>непосредственно на рабочем месте</b> силами самих предприятий под их конкретные потребности. Участниками форсайт-сессии отмечалось недостаточно тесное взаимодействие в процессе подготовки кадров между заказчиками (предприятиями) и учреждениями образования и высказывались предложения по созданию эффективных форматов взаимодействия.</p>	<p>6. Сохранение тренда сокращения численности населения, урбанизации и низкой мотивации молодежи, если не будет скомпенсировано за счет новых технологий, повышения эффективности сельскохозяйственных процессов и иных изменений в отрасли, а также подкреплено тесным взаимодействием на уровне «заказчик кадров — учреждение образования», может привести к усилению разрыва между теорией и практикой, разрыва компетенций между молодыми и опытными рабочими кадрами, разрыва по линии «город-деревня», что может создать условия для кризиса в отрасли.</p>

## ОПИСАНИЕ ПРОФЕССИЙ И КОМПЕТЕНЦИЙ

По результатам работы форсайт-сессии участниками были выработаны следующие новые профессии и компетенции для отрасли сельского хозяйства:

-  **1. Аналитик цифровых данных в сельском хозяйстве**  
(варианты наименования профессии – *Цифровой агроменеджер / Зоодиагност / Агродиагност / Цифровой аналитик / Агроцифровик / Специалист по цифровым технологиям*).

Общее описание профессии:

*Специалист, отвечающий за сбор цифровых данных по всем направлениям производственной деятельности предприятия, обработку собираемых аналитических данных, подготовку информированных предложений по организационно-управленческим решениям, основанных на результатах обработки цифровых данных. С учетом различий*

в цифровых данных, аккумулируемых в растениеводстве и животноводстве, может быть целесообразно рассматривать две различных профессии – Аналитик цифровых данных в растениеводстве и Аналитик цифровых данных в животноводстве. При этом в системе подготовки таких специалистов должна быть общая база, связанная с анализом и обработкой данных.

### Необходимые компетенции:

- Базовые знания статистики и статистических методов обработки данных;
- Минимально необходимые математические знания;
- Владение прикладными программами для обработки и анализа данных (пример – Microsoft Office Excel);
- Аналитические навыки;
- Знание и понимание технологии сельскохозяйственного производства (с соответствующей специализацией в растениеводстве или животноводстве), понимание точек аккумулирования и сбора данных и их прикладного значения для хозяйственной деятельности предприятия.



### 2. Оператор роботизированных механизмов в сельском хозяйстве

(варианты наименования профессии – Оператор автоматизированных машин / Оператор роботизированных машин / Оператор роботизированных комплексов)

### Общее описание профессии:

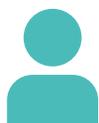
Специалист, который осуществляет управление автоматизированными / роботизированными механизмами и машинами в сельском хозяйстве, а также их ремонт и обслуживание. Специалист, владеющий этой профессией, управляет различными агрегатами, машинами и механизмами, оборудованными средствами дистанционного и автоматизированного контроля при выполнении полевых, культивационных, поливочных и иных работ, в том числе работ, связанных со всеми этапами выращивания животных в сельском хозяйстве. Профессия, рассчитанная на массовое применение в сельском хозяйстве автоматизированных и компьютеризированных комплексов. Такой специалист может управлять целым парком техники / оборудования и дистанционно контролировать большое число агрегатов, машин и механизмов, работающих на предприятии.

С учетом различий в автоматизированных / роботизированных механизмах, используемых в каждом из направлений сельского хозяйства, при формировании учебного плана по специальности необходимо учитывать специфику предприятий, работающих в различных направлениях сельского хозяйства (растениеводство, молочное животноводство, птицеводство и др.).

### Необходимые компетенции:

- Навыки управления автоматизированными / роботизированными механизмами и машинами в сельском хозяйстве, в том числе управления удаленной работой таких механизмов и машин;
- Знание и понимание технологии сельскохозяйственного производства (с соответствующей специализацией в растениеводстве или животноводстве);
- Знакомство с основными программными продуктами, связанными с управлением автоматизированными и роботизированными механизмами в сельском хозяйстве;
- Контроль исправности датчиков и управляющих модулей, их настройка, выбор режима работы;
- Навыки ремонта, сервиса и технического обслуживания основных видов автоматизированных и роботизированных механизмов в сельском хозяйстве, включая ремонт механической части и сервис, связанный с использованием программного обеспечения;
- Базовое понимание основ электрики;
- Базовые навыки управления традиционной техникой и машинами, используемыми в сельском хозяйстве;
- Базовые навыки и знания компьютерных информационных технологий.

Требует проработки вопрос целесообразности разделения двух профессий, связанных с управлением и обслуживанием роботизированных / автоматизированных механизмов. В случае разделения потребуется введение отдельной профессии – Наладчик роботизированных механизмов в сельском хозяйстве (*варианты наименования профессии – Агротехатроник / Мехатроник в сельском хозяйстве*).



### 3. Агрокибернетик

(*варианты наименования профессии – Агродевелопер / Зоодевелопер / Агроинформатик / Агроинженер / Агротехнолог*)

#### Общее описание профессии:

*Профессия, находящаяся на стыке современных информационных технологий и традиционных технологий сельского хозяйства. Владелец этой профессии – это специалист, который занимается внедрением новых информационных технологий в сельском хозяйстве, решений по автоматизации и информатизации и их оптимизацией, аналитикой и консультированием в области технологических процессов. Особенность данной профессии – это ее более вероятное отнесение к системе высшего образования, а не ПОО, с учетом глубины необходимых компетенций, перечисленных далее. Возможно, для системы ПОО можно рассмотреть целесообразность подготовки специалистов, занимающихся исключительно внедрением новых информационных технологий (Агроинтегратор).*

#### Необходимые компетенции:

- *Навыки написания компьютерных программ и компьютерного моделирования;*
- *Наладка, запуск и обслуживание информационных систем в сельском хозяйстве, настройка, контроль за работой, использование современной аппаратуры и программных средств, задействованных на сельскохозяйственном предприятии;*
- *Моделирование и проектирование автоматизированных технологических процессов в сельском хозяйстве;*
- *Знание и понимание технологии сельскохозяйственного производства (с соответствующей специализацией в растениеводстве или животноводстве), понимание принципов и бизнес-процессов сельскохозяйственного производства;*
- *Участие в разработке производственных процессов на предприятии, их оптимизация и усовершенствование на основе использования информационных технологий;*
- *Подбор современных решений для повышения производительности предприятия исходя из особенностей его работы и финансовых возможностей;*
- *Участие в испытании программных комплексов, средств автоматизации, технологического оборудования, сельскохозяйственных машин;*
- *Оценка и экспертиза программного обеспечения и технического оборудования;*
- *Аналитические навыки, анализ, обработка и интерпретация данных;*
- *Хорошее знание математики, физики и информатики;*
- *Навыки робототехники, технологий искусственного интеллекта;*
- *Разработка цифровых двойников.*

Принимая во внимание тренд цифровизации в отрасли сельского хозяйства, влияние которого находит отражение и в предложенных новых профессиях, важное значение обретают также вопросы, связанные с кибербезопасностью. В этой связи, подготовка в отрасли специалистов по разработке информационных систем в земледелии и животноводстве (профессия №3) предполагает также *необходимость подготовки специалистов по защите от киберугроз* (риски утечки коммерчески чувствительной информации, финансовые риски, вопросы защиты прав интеллектуальной собственности, риски национальной безопасности), а также формирование навыков по основам кибербезопасности у всех специалистов и работников отрасли, работающих с цифровыми данными.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Принимая во внимание новизну данного направления для отрасли сельского хозяйства, проработка вопросов, связанных с подготовкой таких специалистов, должна осуществляться на стыке интересов сельскохозяйственных предприятий, инвесторов, компаний – разработчиков информационных систем для сельского хозяйства и системы образования всех уровней (прежде всего, ПОО и высшее образование). Должен быть сформирован соответствующий запрос на открытие новых специальностей, проработаны вопросы, связанные с созданием материально-технических условий и инфраструктуры для обучения, с возможным направлением на эти цели инвестиций заинтересованных государственных сельскохозяйственных организаций и частного бизнеса, в том числе с проработкой вопроса о предоставлении государственной поддержки в виде налоговых или иных льгот и преференций участвующим в финансировании образовательной инфраструктуры инвесторам.



### 4. Технолог сельского хозяйства

(варианты наименования профессии – Агроменеджер / Кормленец / Технолог кормопроизводства и кормления сельскохозяйственных животных)

#### Общее описание профессии:

*Специалист, отвечающий за качество и эффективность всей технологии кормления сельскохозяйственных животных / птицы от выращивания кормовых сельскохозяйственных культур (включая химический анализ почвы) и производства кормовой базы до выполнения всего комплекса работ по кормлению, в том числе на основании анализа цифровых данных, собираемых на предприятии ввиду использования новых технологий точного земледелия / точного животноводства (для выработки индивидуализированных решений / корректировки режимов полива / кормления и т.д.). Скорее всего, владеющий также и знаниями в области ветеринарии. Осуществляет как контроль качества на всех этапах производства корма (начиная от анализа почвы и качества полевых работ и возделывания почвы, через контроль технологии производства корма до технологии непосредственного кормления), так и готовит предложения по совершенствованию технологии.*

#### Необходимые компетенции:

- Знание и понимание технологий кормопроизводства и кормления (со специализацией по видам животноводства / птицеводства), владение технологией по всей цепочке от выращивания культур до непосредственного кормления животных / птицы;
- Контроль ключевых параметров качества на всех этапах технологии;
- Базовые знания в области растениеводства (выращивание кормовых сельскохозяйственных культур);
- Базовые знания нутрициологии для животных и птиц;
- Подготовка и корректировка заданий по уходу за животными;
- Подготовка и корректировка заданий, связанных с совершенствованием технологии кормления (рацион, дозировки и др.);
- Выполнение химического анализа почв;
- Базовые знания ветеринарии.



### 5. Агротехнолог по выращиванию культур в контролируемых условиях

#### Общее описание профессии:

*Целесообразность профессии обусловлена требованиями государственной стратегии в части развития направления круглогодичного выращивания овощей в теплицах для целей замещения дорогостоящего импорта и обеспечения национальной продовольственной безопасности. Специалист, который будет отвечать за производство всего комплекса работ, связанного с технологией производства сельскохозяйственных культур в контролируемых условиях.*

### Необходимые компетенции:

- *Знание и понимание различных технологий выращивания овощей в контролируемых условиях (включая тепличное хозяйство, технологии бессубстратного выращивания, вертикальные фермы и иные);*
- *Работа с автоматизированными системами / программами управления;*
- *Контроль и измерение ключевых параметров (влажность, температура, CO<sub>2</sub>, полив, вентиляция, иные);*
- *Подготовка и корректировка технологических заданий по уходу за выращиваемыми культурами.*



### ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ

Перечень рекомендаций по потенциальным сферам внедрения в образовательный процесс в рамках профессионального образования и обучения элементов профессий будущего:

- Выстраивание взаимодействия со всеми ключевыми заинтересованными сторонами (РИПО, учреждения образования, сельскохозяйственные предприятия, инвесторы и сервисные / инжиниринговые компании, оказывающие услуги для сельскохозяйственных предприятий, возможно также финансовые институты, например, ОАО «Банк развития Республики Беларусь» и ОАО «Белагропромбанк»), в рамках которого будут детально проработаны обозначенные выше профессии и требуемые в рамках их компетенции, осуществлена разработка образовательных программ, проведена экспертиза образовательных программ со стороны бизнеса, разработаны программы стажировок преподавательского состава на предприятиях для дальнейшего обучения студентов и выполнены иные действия, необходимые для внедрения в образовательный процесс новых профессий;
- Разработка программы модернизации инфраструктуры и технической базы учреждений образования (например, в рамках пилотного проекта, где будут выбраны отдельные учреждения образования для организации подготовки новых специалистов), в том числе с проработкой участия в ее финансировании заинтересованных сельскохозяйственных предприятий и инвесторов и возможных направлений государственной поддержки;
- Внедрение в образовательные программы предметов, связанных с обучением основам информационных технологий и цифровым навыкам, а также основам кибербезопасности (по абсолютному большинству специальностей в сельском хозяйстве);
- Внедрение в образовательные программы предметов, связанных с обучением общим управленческим навыкам и компетенциям, навыкам риск-менеджмента, планирования, координации, принятия решений, либо внедрение в образовательный процесс по существующим предметам элементов обучения, позволяющих параллельно с преподаванием практических навыков осуществлять также передачу обучающимся описанных выше трансверсальных навыков; вероятно, это касается в первую очередь таких традиционных профессий, подготовка по которым осуществляется в настоящее время, как техник-технолог, техник-экономист, организатор производства, овощевод, зоотехник, агроном, технолог и др.).



## Ч.7.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ

### КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ВИДЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ПО ТРЕНДАМ И ТЕХНОЛОГИЯМ В ОТРАСЛИ

В числе ключевых трендов, которые, согласно ожиданиям участников обсуждения, будут наиболее вероятно влиять на развитие сектора машиностроения в Республике Беларусь в перспективе 10 ближайших лет, были выбраны:

1. Уменьшение доли трудоспособного населения.
2. Рост эффективности производства и производительности труда.
3. Усиление стремления к локализации производственных цепочек в производстве.
4. Рост удельного веса интеллектуальной деятельности в рабочих специальностях.
5. Возрастание заинтересованности промышленных предприятий в партнерстве с учреждениями профессионального образования.
6. Возрастание ценности продвинутых пользовательских навыков в промышленности и в профессиональном образовании.
7. Ускорение внедрения новых технологий, продуктов и материалов.
8. Возрастание требований к экологической безопасности промышленного производства.

Ключевые технологии будущего в секторе по мнению участников форсайт-сессии:

1. Роботизация. Роботизированные технологии (литье под давлением, мехобработка, намотка, пропитка, печатные платы и др.).
2. Интернет вещей.
3. Высокоскоростные системы обмена информацией и данными.
4. Дополненная и виртуальная реальность.
5. Искусственное зрение.
6. Композитные технологии (транспорт, SMC, LFT, HP-RTM, литье под давлением, формовка, пултрузия и др.).
7. Новые источники энергии.
8. Накопители энергии на основе новых материалов. Локальная энергетика.
9. IMD технология (изготовление деталей за одну операцию).
10. Искусственный интеллект и нейросети.

Перечень обозначенных участниками технологий в отрасли в целом совпадает с рассмотренными ранее в исследовании глобальными трендами и тенденциями в машиностроении, однако целесообразно отметить следующие моменты:

1. Из числа перечисленных выше технологий к ближайшей перспективе участниками обсуждения были отнесены технологии, связанные с роботизацией, ростом объемов обмена данными, развитием источников энергии и накопителей энергии, композитными технологиями.

2. По итогам состоявшегося обсуждения сформирована гипотеза о том, что на текущем этапе и на перспективу ближайших 10 лет **основным трендом в белорусской промышленности будет оставаться модернизация**, связанная как в первую очередь с поэтапной заменой старого оборудования на традиционных машиностроительных предприятиях, формирующих основу промышленности Беларуси, так и частично с запуском новых технологичных производств.

<p>3. Исходя из результатов работы участников форсайт-сессии, <b>каких-либо существенных технологических сдвигов в белорусской промышленности, которые бы сформировали запрос на принципиально новых специалистов в отрасли, в настоящее время не предвидится.</b></p>	<p>4. Модернизация крупнейших белорусских промышленных производств формирует запрос на специалистов, имеющих навыки и компетенции наладки, управления и обслуживания современных технологических комплексов (в том числе роботизированных и автоматизированных систем), а также промышленной аналитики и контроля качества технологических процессов и выпускаемой продукции.</p>
<p>5. Потребности в персонале со стороны новых создаваемых предприятий будут, в свою очередь, продиктованы характером таких производств (сборочные производства, производства отдельных комплектующих, полный производственный цикл), что будет зависеть от развития тренда локализации (регионализации), либо же обратного разворота в сторону глобализации.</p>	<p>6. По сравнению с отраслью сельского хозяйства, в отрасли машиностроения не так остро чувствуется нехватка кадров как со стороны предприятий, так и со стороны учреждений образования.</p>



## ОПИСАНИЕ ПРОФЕССИЙ И КОМПЕТЕНЦИЙ

По результатам работы форсайт-сессии участниками были выработаны следующие новые (обновленные) профессии и компетенции для отрасли машиностроения:



### 1. Программист-наладчик автоматизированного оборудования в промышленности (варианты наименования профессии – Программист-наладчик технологического оборудования в промышленности / Наладчик сложных технологических систем / Сетанер).

#### Общее описание профессии:

*Данная профессия не рассматривается как новая, а скорее подразумевает обновление содержания существующих профессий (наиболее вероятно, таких как «мехатроник», «наладчик», «слесарь-ремонтник» и аналогичные) с учетом требующихся новых компетенций с акцентом прежде всего на компьютерные и информационные технологии, программирование сложных технологических процессов и их наладку, обслуживание новых роботизированных и автоматизированных систем.*

*Актуальность профессии связана с растущим трендом модернизации в промышленном секторе Республике Беларусь, приводящим к установке на предприятиях современного технологического оборудования (в том числе автоматизированные, роботизированные комплексы). Это специалист, который занимается установкой, настройкой, обслуживанием и ремонтом технологического оборудования, предупреждением, выявлением и устранением технических неисправностей в работе оборудования, обеспечивает правильную техническую эксплуатацию оборудования. Скорее всего, в учреждении образования должна быть обеспечена общая необходимая база технических знаний и практических навыков, тогда как специфическая отраслевая часть знаний (с учетом специфики оборудования в конкретном промышленном производстве) станет обязанностью работодателя (обучение на месте).*

#### Необходимые компетенции:

- Знания в области информационных технологий, электроники и компьютерного оборудования;
- Знание специфических компьютерных программ (программного обеспечения, используемого в промышленности), знание основ программирования контроллеров промышленной электроники;
- Владение современными методами диагностики технологического оборудования;

- Базовые инженерные знания устройства различных типов технологического оборудования, электроники, автоматики, гидравлики, пневматики;
- Навыки работы с различным типом технологического оборудования (пневматическое, гидравлическое и иные типы), понимание устройства и принципов работы такого оборудования;
- Навыки работы со слесарным и электроинструментом;
- Основы материаловедения;
- Навыки работы с технической документацией, умение читать электрические схемы;
- Подключение, запуск, наладка и обслуживание серверов;
- Основы кибербезопасности и защиты цифровых данных;
- Наличие «soft skills» — аналитические навыки, критический анализ, принятие решений и т.д.

В рамках форсайт-сессии некоторыми участниками в процессе обсуждения профессий будущего предлагалось выделить в рамках данной профессии отдельно специалистов по наладке и специалистов по обслуживанию и ремонту оборудования в промышленности – предлагались профессии «Наладчик будущего» и «Ремонтник/Сервисмен будущего». Тем не менее, в рамках общего обсуждения превашировало мнение (в том числе среди представителей учреждений образования), что уже сейчас можно прогнозировать тренд на универсального сотрудника, который будет совмещать в себе компетенции нескольких профессий, и с учетом данного обсуждения предлагается вариант универсальной профессии.



### 2. Цифровой метролог

(варианты наименования профессии – Цифровой контролер / Метролог-контроллер в промышленности)

Данная профессия не рассматривается как полностью новая, поскольку введена недавно в филиале «Колледж современных технологий в машиностроении и автосервисе» УО «РИПО» («техник-метролог»). Включена в перечень, поскольку востребованность таких специалистов оценена участниками форсайт-сессии как высокая. Специалист, в задачи которого входит контроль качества продукции и производства с применением современных методов и инструментов.

#### Необходимые компетенции:

- Владение современными методами и инструментами контроля качества (работа с различным оборудованием, в том числе 3D-сканеры, профилографы, спектрофотометры и др.);
- Основы электроники, электротехники, знание принципов работы основных контрольно-измерительных приборов;
- Понимание основ технологий промышленного производства;
- Умение работать со специализированным программным обеспечением в сфере контроля качества и метрологического обеспечения, умение пользоваться прикладными программами, необходимыми для проведения, обработки и регистрации измерений;
- Наличие «soft skills» — аналитические навыки, критический анализ, принятие решений и т.д.



### 3. Полимеханик

(варианты наименования профессии – Аддитивный инженер / Специалист по аддитивным технологиям и новым материалам / Инженер в сфере аддитивных технологий / Техник-технолог (новые материалы и аддитивные технологии))

### Общее описание профессии:

*Специалист, который осуществляет разработку, исследование и применение аддитивных способов производства (технологии 3D-печати). Занимается изготовлением прототипов и моделей, кастомизированных промышленных продуктов под заказ, работает с различными материалами, в том числе новыми материалами.*

### Необходимые компетенции:

- Навыки чтения цифровых компьютерных моделей, работы с соответствующим программным обеспечением;
- Знание систем автоматизированного проектирования CAD (компьютерное моделирование), CAM (изготовление изделия с использованием компьютера), CAE (компьютерная помощь инженерии, решение различных инженерных задач);
- Пространственное мышление, умение читать чертежи, знания инженерной графики;
- Хорошая подготовка в области черчения и сопромата;
- Основы материаловедения (работа с различными новыми материалами, используемыми в промышленности, их подбор в процессе производства, понимание основных принципов работы с новыми материалами, их физико-механических свойств и поведения в различных условиях);
- Настройка и контроль качества 3D-печати, формирование заданий для 3D-печати, внесение изменений в задания;
- Сборка элементов, в том числе работа с мелкими промышленными изделиями и их элементами, хорошие практические навыки мелкой моторики и работы с различными инструментами;
- Способность быстро изготавливать любые прототипы из разных материалов любого вида сложности по заданным техническим параметрам;
- Контроль качества готовых изделий, владение современными методами диагностики качества промышленных изделий;
- Многофункциональность (способность работы на различном оборудовании, в том числе с высокой степенью автоматизации и роботизации);
- Наличие «soft skills» — аналитические навыки, критический анализ, принятие решений и т.д.



### 4. Диспетчер нейросетей в промышленности

*(варианты наименования профессии – Оператор нейросетей в промышленности / Инженер нейросетей)*

### Общее описание профессии:

*Новая профессия, предложенная на перспективу до 2035 года, связанная с ожидаемым трендом активного проникновения искусственного интеллекта в промышленности, развитием промышленных двойников и нейросетей, усложнением производства. Работа специалиста этой профессии скорее всего будет связана с использованием нейронных сетей в промышленности для прогнозирования и планирования работы, манипуляций с робототехникой, управления качеством продукции и промышленной безопасностью.*

### Необходимые компетенции:

- Основы алгоритмизации и программирования;
- Выполнение работ с Big Data (информационно-аналитические системы, концепция Data Mining, ее практическое применение, базовые методы, модели, интеллектуальный анализ в промышленности, моделирование, прогнозирование, обработка и анализ данных на основе искусственных нейронных сетей);
- Основы работы с алгоритмами машинного обучения;
- Основы математической статистики для правильного сбора и обработки статистических данных;
- Облачные технологии;
- Основы кибербезопасности;
- Основы технологии промышленного производства.



### 5. Тестировщик-диагност в промышленности

(варианты наименования профессии – Предиктивный аналитик в промышленности / Производственный аналитик / Промышленный аналитик / Тестировщик-диагност промышленного оборудования / Тестировщик-диагност роботизированного и автоматического оборудования)

#### Общее описание профессии:

Специалист, в задачи которого будет входить диагностика различных сложных технологических систем в промышленности с целью обеспечения длительной и бесперебойной работы автоматизированного и роботизированного оборудования и предупреждения выхода его из строя и его поломок (например, выработка на основании проведенного анализа рекомендаций по устранению вибраций, что может способствовать более длительному сроку эксплуатации оборудования). Частично это может означать, что функции обслуживания оборудования будут уходить от слесаря. Можно отметить в этой связи определенное пересечение с профессией № 1, предложенной выше («Программист-наладчик автоматизированного оборудования в промышленности»), не исключено, что указанная профессия должна рассматриваться как ее часть, а не отдельно. Тем не менее, в описании этой профессии участниками форсайт-сессии более прослеживается аналитическая составляющая, чем практические действия по наладке / настройке оборудования.

#### Необходимые компетенции:

- Основы алгоритмизации и программирования;
- Считывание данных по работе оборудования, анализ данных, прогнозирование и составление рекомендаций по режиму эксплуатации оборудования;
- Знания в области информационных технологий, электроники и компьютерного оборудования;
- Основы технологии промышленного производства;
- Владение основами кибербезопасности.

Целесообразно отметить также следующие предложения в части развития профессий и компетенций в промышленности, которые были отмечены различными участниками мероприятия в процессе обсуждения:

1. Расширить требования к подготовке операторов промышленного оборудования в связи с постоянным развитием технологического оборудования, использованием различных интерфейсов управления оборудованием на различных предприятиях (подотраслях машиностроения).
2. Расширить требования к подготовке техников-электроников в части более широкого функционала по электронной части оборудования.
3. Расширить требования к техникам-технологам в части углубления подготовки по новым, современным технологиям, технологиям будущего в промышленности.
4. Внедрить в обучение знакомство с современными материалами, химическими компонентами, которые постоянно возникают в промышленности, в частности в технологиях 3D-печати, их свойствами и их применимостью в зависимости от базовых требований к продукту.
5. Внедрить элементы обучения с использованием VR / AR инструментов (по профессиям, связанным с промышленной сборкой, наладкой и ремонтом оборудования), которые сейчас активно распространяются в разных странах, включая Российскую Федерацию.
6. Рассмотреть более глубоко направление переработки промышленных отходов (изучить дополнительно спрос на таких специалистов и в соответствии с особенностями такого спроса обеспечить подготовку необходимых специалистов).


**ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ**

Перечень рекомендаций по потенциальным сферам внедрения в образовательный процесс в рамках профессионального образования и обучения элементов профессий будущего:

- 
- Организация сбора обратной связи от всех ключевых субъектов со стороны спроса на профессиональные кадры в промышленности (промышленные предприятия, технологические предприниматели, центры НИОКР / R&D центры) на предмет структуры их текущей и перспективной потребности в профессиональных кадрах (по итогам обсуждения необходимо отметить целесообразность более глубинного исследования спроса на профессиональные кадры в отрасли с более широким охватом заказчиков кадров), а также на предмет интересных для них форм сотрудничества с учреждениями образования в части подготовки профессиональных кадров; по итогам результатов таких опросов изложенные выше предложения по новым (обновленным) профессиям и компетенциям могут быть уточнены и скорректированы.
  - Выстраивание взаимодействия со всеми ключевыми заинтересованными сторонами (РИПО, учреждения образования, крупнейшие промышленные предприятия, технологические предприниматели, инвесторы, инжиниринговые центры (R&D центры / центры НИОКР), возможно, также финансовые институты, например, ОАО «Банк развития Республики Беларусь»), в рамках которого будут детально проработаны обозначенные выше профессии и требуемые в рамках их компетенции (в том числе, возможно, обновленные по результатам проведенного опроса), осуществлена разработка образовательных программ, проведена экспертиза образовательных программ со стороны бизнеса, разработаны программы стажировок преподавательского состава на предприятиях для дальнейшего обучения студентов и выполнены иные действия, необходимые для внедрения в образовательный процесс новых / обновленных профессий.
  - Реализация мероприятий, направленных на повышение квалификации преподавательского состава (освоение востребованных новых навыков, компетенций, новых технологий).
  - Формирование запроса на создание независимой системы сертификации и оценки качества подготовки специалистов по новым специальностям.
  - Разработка программы модернизации инфраструктуры и технической базы учреждений образования (особенно расположенных в регионах), в том числе с проработкой участия в ее финансировании промышленных предприятий и инвесторов и возможных направлений государственной поддержки (в том числе в части снятия существующих ограничений по передаче технологического оборудования).
  - Рассмотрение с заинтересованными сторонами вопроса о создании на базе крупнейших промышленных предприятий учебных центров (в дополнение к развивающейся в настоящее время концепции создания центров компетенций на базе отдельных учреждений образования). Создаваемые на базе крупнейших промышленных производств, такие центры обучения могли бы стать базой для практического обучения и формирования практических навыков у обучающихся по соответствующему профилю.
  - Проработка в будущем стратегического вопроса о создании промышленных инжиниринговых центров (центров НИОКР / R&D центров), которые бы постепенно стали центрами разработки и апробирования новых технологий и разработок в промышленности. Такие центры целесообразно создавать в формате государственно-частного партнерства (промышленный сектор, технологические предприниматели, сектор образования) с прозрачными механизмами и процедурами работы, в том числе механизмами коммерциализации разработок.
  - Дальнейшее развитие системы профессионального образования в направлении реализации коротких модульных программ обучения, развития практического обучения «на местах» (непосредственно на предприятиях), формирования запроса на постоянное самообразование и обучение в процессе всей жизни, обеспечение мобильности подготавливаемых работников (возможность простого перехода на дополнительные / смежные компетенции в процессе работы).
  - Обновление образовательных программ в части обеспечения их соответствия запросу о формировании у работников так называемых «soft skills» — аналитические способности, критическое мышление, принятие решений, навыки коммуникации, умения работать в команде, осуществлять планирование и т.д.

### 4.7.3. СТРОИТЕЛЬСТВО

#### КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ВИДЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ПО ТРЕНДАМ И ТЕХНОЛОГИЯМ В ОТРАСЛИ

В числе ключевых трендов, которые, согласно ожиданиям участников обсуждения, будут наиболее вероятно влиять на развитие сектора строительства в Республике Беларусь в перспективе 10 ближайших лет, были выбраны:

1. Уменьшение количества трудоспособного населения;
2. Увеличение доли рабочих процессов в строительстве в цифровом формате;
3. Увеличение спроса на энергоэффективные здания и сооружения;
4. Рост количества автономных механизмов (роботов) в строительстве;
5. Увеличение доли комплексных / легио / префабрикационных решений в строительстве;
6. Увеличение потребности во взаимодействии между производством и ПОО;
7. Увеличение спроса на реконструкцию / модернизацию / обслуживание инфраструктуры;
8. Снижение престижа рабочих специальностей;
9. Усиление стремления к кластеризации / экосистемности в строительстве.

#### Ключевые технологии будущего в секторе по мнению участников форсайт-сессии:

1. BIM-технологии (цифровое моделирование зданий и сооружений, внедрение BIM-технологий в том числе на этапе строительства и эксплуатации);
2. Технологии пассивной и активной энергоэффективности;
3. Экостроительство (использование местных материалов, переработка вторичных ресурсов для нужд строительства);
4. Роботизированные системы, в т.ч. гуманоидного типа;
5. 3D-печать (домов, конструкций, изделий);
6. Виртуальная и дополненная реальность (визуализация строительных решений);
7. Дроны (контроль строительства).

Перечень обозначенных участниками технологий в отрасли совпадает с рассмотренными ранее в исследовании глобальными трендами и тенденциями в строительстве, однако целесообразно отметить следующие моменты:

1. Из всех перечисленных технологий **только технологии BIM, технологии рециклинга вторичных материалов и энергоэффективности отнесены к более близкой перспективе (до 2026 года)**, тогда как технологии роботизации, 3D-печати, использования дронов вынесены в период 2030-2035 гг.

2. Это связывается в том числе с тем фактом, что белорусский строительный сектор **остается довольно консервативным и инертным сектором** в части применения новых технологий, что обусловлено рядом причин: отсутствием собственно принципиально новых технологий строительства или строительных материалов, низкой коммерческой целесообразностью внедрения новых технологий, связанных с цифровизацией и роботизацией (как для заказчиков строительства, так и для подрядных организаций).

3. В результате, наиболее массовый спрос среди подрядных (строительных) организаций в настоящее время сформирован в отношении обычных строительных специальностей (каменщики и др., в том числе многопрофильные специалисты), отмечается дефицит рабочей силы по простым рабочим специальностям и мастеров преподавателей, невысокое качество подготовки в части общей базы, возрастание среднего возраста рабочего, а также низкая дисциплинированность и мотивация работников.

4. Рядом участников подчеркнута важность изменений в отрасли, связанных с ускорением процессов в строительстве, растущим запросом на автоматизацию систем управления в строительстве, позволяющую получать полную информацию о статусе строительства в любой момент времени для принятия гибких и информированных решений и ухода от «ручного» управления. Реализация таких изменений связывается в том числе с развитием BIM-технологий и их выходом за пределы проектного поля непосредственно в процесс строительства и далее в эксплуатацию.

5. Исходя из обсуждения, участники сектора также ожидают сохранения важности вопросов, связанных с обеспечением энергоэффективности в строительстве, а также вопроса реконструкции и модернизации инфраструктуры в связи с высокими показателями ее изношенности, что будет в определенной степени влиять и на запрос в части кадрового обеспечения.

6. Несмотря на сохраняющуюся инертность сектора строительства, большинство участников отмечают необходимость внедрения в образовательные процессы обучения базовым цифровым навыкам.

7. В ходе дискуссии отмечалось также существование определенного разрыва между полученными знаниями и навыками в результате образовательного процесса и навыками, применяемыми в производственном процессе на строительных предприятиях.

## ОПИСАНИЕ ПРОФЕССИЙ И КОМПЕТЕНЦИЙ

По результатам работы форсайт-сессии участниками были выработаны следующие новые (обновленные) профессии и компетенции для отрасли строительства:



### 1. Компетенция в области чтения BIM-моделей и связанные с ней

Согласно результатам обсуждения, BIM-технологии являются основным технологическим трендом в строительстве, который на текущий момент наиболее глубоко представлен в сфере проектирования и в существенно меньшей степени – в строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Участники строительного сектора, принявшие участие в обсуждении, ожидают, что в будущем степень проникновения BIM-технологий на всех этапах будет только возрастать, принимая во внимание те возможности, которые они открывают в части управления ресурсами, аккумуляции и управления данными, контроля качества, возможности управления процессами в режиме реального времени, снижения затрат и иными преимуществами. В процессе обсуждения озвучены предложения как вводить новую специальность (профессию) – BIM-техник или BIM-координатор, так и рассмотреть возможность введения новой компетенции для существующих специальностей (например, в подготовке техников-строителей, техников-проектировщиков, специалистов по эксплуатации зданий и сооружений, техников-технологов). На текущем этапе, с учетом результатов обсуждения требований к компетенциям такого специалиста, наиболее целесообразным представляется внедрение обучения основам и пониманию BIM-технологий в системе ПОО на уровне отдельной дополнительной компетенции. При этом указанная компетенция может рассматриваться как комплекс взаимосвязанных компетенций, в том числе:

- Чтение BIM-моделей;
- Уверенное пользование прикладными программами в области BIM-моделирования, понимание принципов их работы, владение интерфейсами (например, Civil 3D, ArchiCAD, Renga, Revit, семейство BIM WIZARD, SmetaWIZARD. PlanWIZARD);

- Навыки BIM-моделирования простых решений (на уровне текущих компетенций, которым обучается техник-проектировщик).

Со стороны заказчиков строительства (а в некоторой степени и подрядных организаций) имеется также запрос на увеличение прозрачности и контроля в процессе строительства и эксплуатации, ответом на который также может стать более глубокое проникновение BIM-технологий в строительстве. Указанные акторы отмечают потребность в специалисте на строительном объекте, который мог бы выполнять функцию контроля выполнения всех строительных работ в режиме реального времени с формированием отчетов для последующего принятия решения по управлению строительным процессом и финансовыми потоками. Скорее всего, речь идет не о введении новой профессии, а о дальнейшем наращивании компетенций по имеющимся профессиям (техник-строитель) с выделением в последующем полноценной новой специальности по мере роста запроса со стороны организаций – заказчиков кадров (**BIM-техник в строительстве / BIM-координатор в строительстве / BIM-менеджер в строительстве**). К числу требующихся в этой части компетенций могут быть отнесены, помимо перечисленных выше:

- Внесение в BIM-модель фактически внесенных в натуре точек;
- Проверка выполненных строительных работ в натуре;
- Внесение фактических данных по объемам выполненных строительных работ – дополнение BIM-модели данными с учетом фактически выполненных конструкций, инженерных систем и смонтированного оборудования, построение исполнительной BIM-модели;
- Сбор данных по прогрессу фактического состояния объекта строительства, его координации с информационной моделью.



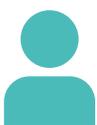
### 2. Компетенции в области обеспечения энергоэффективности в строительстве и при эксплуатации зданий и сооружений. Специалист по энергоэффективности

Энергоэффективность была отнесена к числу основных трендов в строительстве, в связи с чем целесообразно рассмотреть вопрос о введении соответствующей компетенции для большинства профессий в строительстве, по которым осуществляется подготовка в системе ПОО в настоящее время, либо же в качестве краткосрочной программы дополнительного образования с присвоением обучающимся дополнительной специализации «Специалист по энергоэффективности».

К числу **основных компетенций в области энергоэффективности** были отнесены:

- Знание основ энергоэффективности зданий и сооружений;
- Компетенции в области энергосбережения;
- Основы технологии экологичных материалов и их применения в строительстве.

Наиболее вероятно, отдельный сотрудник, специализирующийся в вопросах энергоэффективности, будет востребован прежде всего в сфере эксплуатации объектов жилищно-коммунальной сферы и, скорее всего, имеет большее отношение к сфере энергетики, чем к строительству. Непосредственно в строительстве (то есть в штате подрядных строительных организаций) целесообразность присутствия такого специалиста в качестве самостоятельной штатной единицы вызвала дискуссии в процессе обсуждения. Скорее всего, работа специалиста по энергоэффективности в подрядных организациях будет востребована на условиях частичной занятости или аутсорсинга, что может потребовать корректировки отдельных норм трудового законодательства.



### 3. Техник-обследователь / Специалист по рециклингу / Оператор по сбору данных

Общее описание профессии:

*Новая профессия для системы ПОО, предложенная участниками в качестве ответа на запросы, формируемые трендами, связанными с увеличением спроса на реконструкцию / модернизацию / обслуживание инфраструктуры, а также с трендами на повышение энергоэффективности и экологичности в строительстве и эксплуатации. В задачи такого*

специалиста будет входить сбор всех данных по зданиям и сооружениям, необходимых для принятия решения по проведению реконструкции / модернизации / капитального ремонта / демонтажа / сноса, проведение соответствующих обследований строительных конструкций, зданий и сооружений для инженерного персонала, принимающего соответствующие решения.

**Необходимые компетенции:**

- Владение техниками проведения неразрушающего контроля;
- Владение инструментами и оборудованием, используемым для оценки состояния строительных конструкций и сооружений (лазерные приборы, электронные измерители, измерители толщины и плотности бетонных конструкций, ультразвуковые инструменты и оборудование, приборы для определения твердости металлов и др.);
- Владение технологиями наземного лазерного сканирования;
- Знание технологий строительных материалов, основных направлений вторичного использования строительных материалов в промышленности и строительстве.



**4. Специалист по реновации**

**Общее описание профессии:**

Сфера работы Специалиста по реновации – реконструкция, ремонт и восстановление исторических зданий и сооружений, включая объекты историко-культурного наследия. Поскольку такая профессия находится на стыке нескольких областей – культура, история, архитектура, строительство – не исключается, что в данном случае целесообразно сформировать запрос для системы высшего образования. Кроме того, в данном случае речь идет не о поточном обучении, а о подготовке единичных специалистов с соответствующими компетенциями.

**Необходимые компетенции:**

- Владение технологиями строительных материалов, включая технологические новации в строительстве;
- Знания архитектуры;
- Знания в области культуры и истории;
- Знания урбанистики.



**5. Многофункциональный рабочий в строительстве**

(варианты наименования профессии – Мастер по возведению монолитных конструкций в строительстве)

**Общее описание профессии:**

Специалист широкого профиля в строительстве. В задачи многофункционального рабочего в сфере возведения монолитных конструкций будет входить выполнение работ по устройству опалубки, армированию конструкций, бетонированию конструкций, укладке бетонных смесей, исправлению дефектов и демонтажу конструкций, отделке поверхностей готовых строительных конструкций и др. Запрос на такого специалиста сформирован со стороны подрядных организаций, испытывающих недостаток рабочих традиционных специальностей. При этом следует отметить, что, учитывая характер производства работ в строительстве, появление такого специалиста не решит вопросы дефицита кадров, однако позволит более гибко управлять процессом. Возможно, подготовку многофункциональных рабочих в строительстве (как в части возведения монолитных конструкций в строительстве, так и в части выполнения отделочных работ) целесообразно выстраивать с использованием краткосрочных программ дополнительного образования (подготовки и реализации соответствующих обучающих модулей).

**Необходимые компетенции:**

- Владение всеми ключевыми компетенциями совмещаемых профессий.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кроме указанных выше профессий и компетенций, в процессе обсуждения были предложены также новые профессии, связанные с ожидаемым повышением уровня технологичности и цифровизации в секторе строительства (технологии роботизации, 3D-печати, использования дронов были вынесены участниками обсуждения в период 2030-2035 гг). В числе таких профессий были предложены:



### 1. Специалист по строительной робототехнике

*(варианты наименования профессии – Техник-наладчик роботизированных систем / Техник-наладчик автоматизированных систем / Оператор-наладчик роботов в строительстве)*

#### Общее описание профессии:

*Это специалист, который занимается установкой, настройкой, обслуживанием, ремонтом, а также управлением роботизированной / автоматизированной строительной техники и оборудования, предупреждением, выявлением и устранением технических неисправностей в работе оборудования, обеспечивает правильную техническую эксплуатацию оборудования. В качестве примеров роботизированных механизмов, которые уже находят применение в мире, могут быть приведены коллаборативные роботы – манипуляторы, строительные роботы для кладки кирпичей, автономные подъемники, роботы-краны, роботы для штукатурных работ, роботы, используемые для сноса зданий и сооружений.*

#### Необходимые компетенции:

- *Наладка и обслуживание роботизированных / автоматизированных систем в строительстве, строительных роботов;*
- *Знания в области информационных технологий, электроники и компьютерного оборудования;*
- *Навыки работы с технической документацией, умение читать электрические схемы;*
- *Владение современными методами диагностики технологического оборудования;*
- *Наличие «soft skills» — аналитические навыки, критический анализ, принятие решений и т.д.*



### 2. Специалист по кибербезопасности в информационных системах в строительстве

#### Общее описание профессии:

*Более глубокое проникновение цифровых технологий в сектор строительства, связанное в том числе с все более активным использованием BIM-технологий, будет приводить к возрастанию значения вопросов, связанных с кибербезопасностью. В этой связи может возникнуть запрос на подготовку специалистов по защите от киберугроз (риски утечки коммерчески чувствительной информации, финансовые риски, вопросы защиты прав интеллектуальной собственности, риски получения несанкционированного доступа к системам управления ресурсами зданий и сооружений с вытекающими из этого последствиями), а также формирование навыков основ кибербезопасности у всех специалистов и работников отрасли, работающих с цифровыми данными.*

*Аналогично, как и для отрасли сельского хозяйства, проработка вопросов, связанных с подготовкой таких специалистов, должна осуществляться на стыке интересов строительных (подрядных) организаций, эксплуатирующих организаций, инвесторов / заказчиков, компаний – разработчиков информационных систем для сектора строительства и системы образования всех уровней (прежде всего, ПОО и высшее образование). Как уже отмечалось выше, должен быть сформирован соответствующий запрос на открытие новых специальностей, проработаны вопросы, связанные с созданием материально-технических условий и инфраструктуры для обучения с возможным направлением на эти цели инвестиций заинтересованных организаций, в том числе с проработкой вопроса о предоставлении государственной поддержки в виде налоговых или*

иных льгот и преференций участвующим в финансировании образовательной инфраструктуры инвесторам.

**Необходимые компетенции:**

- *Наладка и обслуживание роботизированных / автоматизированных систем в строительстве, строительных роботов;*
- *Знания в области информационных технологий, электроники и компьютерного оборудования;*
- *Навыки работы с технической документацией, умение читать электрические схемы;*
- *Владение современными методами диагностики технологического оборудования;*
- *Наличие «soft skills» — аналитические навыки, критический анализ, принятие решений и т.д.*



**3. Техник-оператор 3D-печати в строительстве**

*(варианты наименования профессии – Оператор трехмерной печати в строительстве)*

**Общее описание профессии:**

*Это специалист, который занимается подготовкой материалов к печати, созданием и загрузкой в специальное программное обеспечение трехмерных моделей объектов, которые необходимо напечатать, а также обслуживанием и ремонтом 3D-принтеров. Данная профессия может быть связана также не только с управлением полевыми 3D-принтерами, но и 3D-принтерами, предназначенными для печати строительных блоков и сборных строительных конструкций. Скорее всего, такая профессия не будет относиться к категории массового спроса, а будет востребована как элемент дополнительного профессионального образования (в рамках краткосрочной программы обучения).*

**Необходимые компетенции:**

- *Теоретическое знание технологий 3D-печати в строительстве, оборудования, используемых материалов, программных средств;*
- *Управление 3D-принтером, подбор материалов, ремонт и наладка;*
- *Навыки работы в специальных программах для создания 3D-моделей строительных объектов, практические навыки 3D-печати.*



**ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ**

Перечень рекомендаций по потенциальным сферам внедрения в образовательный процесс в рамках профессионального образования и обучения элементов профессий будущего:



- Существует явный запрос со стороны подрядных строительных организаций на повышение качества подготовки рабочих по традиционным строительным профессиям с точки зрения как профессиональной подготовки (формирование прочной базы знаний и навыков), так и формирования общечеловеческих качеств и надпрофессиональных компетенций, таких как общая дисциплинированность, мотивация, аналитическое мышление, командная работа и др. Со своей стороны, подрядные организации готовы адаптировать полученные в системе ПОО профессиональные знания и компетенции непосредственно в производственном процессе, а также взаимодействовать с учреждениями ПОО в части использования возможностей краткосрочных программ дополнительного обучения, адаптированных под запросы и потребности предприятий.
- Поскольку ключевым стеком технологий в строительстве участниками обсуждения были определены BIM-технологии, целесообразно разработать и реализовать

комплекс мероприятий, направленных на стимулирование их более активного внедрения в отрасли. В частности, участниками обсуждения было предложено:

- На уровне государственных технических нормативных правовых актов прописать обязательное применение BIM-технологий, регламентировав на начальной стадии внедрения обязательное их применение для объектов, соответствующих определенным критериям (например, по таким параметрам, как площадь объекта, стоимость объекта), в том числе через обязательное наличие проекта, разработанного с использованием BIM-технологий, для прохождения государственной строительной экспертизы (также поэтапное введение данного требования для различных типов объектов по уровню сложности);
  - Рассмотреть возможность введения и применения инструментов государственной поддержки для субъектов хозяйствования в строительстве при приобретении программного обеспечения, необходимого для внедрения BIM-технологий;
  - Разработать комплекс мер государственной поддержки для реализации программ переобучения / переподготовки в области использования BIM-технологий для преподавательского состава учреждений образования, работников проектных, строительных организаций и иных субъектов в отрасли.
- Проработать возможность изучения и адаптации международного опыта в части разработки корпоративных профессиональных стандартов путем выстраивания взаимодействия с крупнейшими заказчиками кадров в отрасли с целью последующей кастомизации системы подготовки кадров под запросы предприятий.
  - Рассмотреть возможность внедрения формата взаимодействия для системы образования с представителями организаций – потенциальных заказчиков кадров в отрасли, который бы позволял получать и обрабатывать оперативную обратную связь в части запроса со стороны отрасли к системе подготовки профессиональных кадров. К примеру, в ходе форсайт-сессии обсуждалось предложение по запуску онлайн-платформы (онлайн-сервиса) с возможностью регистрации различных заинтересованных сторон для последующего размещения на ней предложений со стороны корпоративного и предпринимательского сектора в части развития системы подготовки кадров для отрасли, а также и встречных предложений со стороны системы образования, в том числе для проведения опросов представителей организаций – заказчиков кадров и иных форм взаимодействия.



# 5. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЗВОЛЯЮТ СДЕЛАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.

1. Рассматриваемые пилотные секторы – сельское хозяйство, машиностроение, строительство – играют важнейшую социально-экономическую роль в национальной экономике Республики Беларусь.

Сельское хозяйство, машиностроение и строительство играют важнейшую социально-экономическую роль, в совокупности обеспечивая занятость около 800 тыс. чел., что составляет около 18% от общего числа занятого населения в Республике Беларусь. Совокупный вклад отраслей в ВВП оценивается на сопоставимом уровне. Сельское хозяйство, являясь базой для пищевой промышленности, наряду с машиностроением, которое является традиционной экспортоориентированной отраслью национальной экономики, играют важнейшую роль в обеспечении экспортного потенциала. Кроме того, сельское хозяйство формирует основу национальной продовольственной безопасности.

2. Демографические факторы оказывают существенное влияние на текущее состояние и будущее развитие рынка труда в Республике Беларусь и будут соответствующим образом влиять на предпринимаемые предприятиями меры по повышению эффективности труда за счет его автоматизации и на систему ПОО в части реализации концепции обучения в течение всей жизни.

Являясь частью национальной экономики, все три сектора сталкиваются с рядом ключевых демографических вызовов, характерных для Республики Беларусь – тренд снижения численности населения и сокращения занятого населения, фактор трудовой миграции (как высоко-, так и низкоквалифицированных работников), старение населения, урбанизация. Фактор демографии, выражающийся в снижении численности трудоспособного населения и возрастании давления на экономику, выражающегося в дефиците труда и росте нагрузки на пенсионную систему, будет оставаться важнейшим фактором, влияющим на рынок труда. Давление демографических факторов, с одной стороны, способствует более активному внедрению предприятиями новых технологий, направленных на повышение эффективности и оптимизацию труда, а с другой стороны – формирует потенциальный спрос на краткосрочные программы дополнительного образования и курсы профессиональной переподготовки для взрослых.

3. Уровень оплаты труда, который является одним из ключевых факторов мотивации при выборе профессии, различается для рассматриваемых секторов и в сельском хозяйстве является одним из наиболее низких в экономике.

Уровень оплаты труда является одним из ключевых факторов мотивации и во многом обуславливает выбор направления дальнейшего трудоустройства молодежью. В рассматриваемых секторах сложился следующий средний уровень оплаты труда: в сельском хозяйстве – около 1500 руб., в машиностроении – около 2100 руб., в строительстве – около 2000 руб. Средняя заработная плата в сельском хозяйстве является одной из самых

низких в экономике, что снижает привлекательность работы в секторе для населения. Несмотря на то, что средний уровень оплаты труда в двух других рассматриваемых секторах находится на среднем уровне по всем видам экономической деятельности (около 1900 руб.), в ряде отраслей промышленности уровень оплаты труда выше: например, в горнодобывающей отрасли – около 3600 руб., в нефтепереработке – около 3000 руб., в химической промышленности – около 2800 руб.

**4.** Ключевые глобальные технологические тренды в рассматриваемых секторах – цифровизация, автоматизация, роботизация, «зеленые» технологии – не только соотносятся с установленными государственными приоритетами в национальных программах и стратегиях, но и уже сегодня в разной степени внедряются в практике белорусских предприятий.

Анализ глобальных трендов развития рассматриваемых секторов, представленных в Исследовании, показывает, что в качестве ключевых драйверов их технологического развития указываются цифровизация, автоматизация и роботизация, а также диктуемые развитым миром тренды устойчивого развития. Соответственно, к числу основных перспективных технологических трендов в сельском хозяйстве относятся технологии точного земледелия, искусственного интеллекта, создание цифровых двойников, современные цифровые системы, основанные на больших данных; в машиностроении – технологии, связанные с Индустрией 4.0 (и далее – Индустрией 5.0), в том числе большие данные, автономные роботы и симуляционные технологии, Интернет вещей, кибербезопасность, облачные технологии, аддитивное производство, технологии дополненной реальности и др.; в строительстве – применение цифровых систем на всех этапах управления строительными проектами, использование автономных роботов и экзоскелетов, аддитивные технологии, симуляционные технологии. Экономические субъекты Республики Беларусь, работающие в рассматриваемых секторах и связанных с ними, особенно наиболее инновационные из них, также стараются не отставать от глобальных трендов и уже сегодня находятся на различных этапах внедрения многих из указанных технологий. Большинство перечисленных технологических трендов находят отражение и в государственных стратегических программах национального и отраслевого уровня. В результате, учитывая преимущественно экспоненциальную траекторию развития технологий, уже сегодня возникает необходимость реформирования подходов в системе подготовки профессиональных кадров для рассматриваемых секторов, которые бы соответствовали запросу со стороны работодателей.

**5.** Профессии и компетенции, которые были предложены участниками форсайт-сессий в пилотных секторах, в значительной степени увязаны с обозначенными ключевыми глобальными технологическими трендами и продиктованы цифровизацией, автоматизацией и роботизацией производственных и управленческих процессов, а также запросом на постоянное повышение эффективности производственных процессов.

Ключевые технологии и тренды, которые были определены участниками форсайт-сессий для каждого сектора, в целом практически полностью совпадают с глобальными технологическими трендами, обозначенными в настоящем Исследовании. Как правило, все новые технологии, развитие которых ожидается в рассматриваемых секторах в Республике Беларусь, связаны с цифровизацией, роботизацией и автоматизацией. Каждый сектор характеризуется различной степенью проникновения и влияния указанных трендов, но в целом большинство предложенных новых профессий и компетенций так или

иначе связаны с ними. Так, в числе новых профессий (или компетенций), отражающих влияние таких трендов, были предложены:

- а) В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ:**
- Аналитик цифровых данных в сельском хозяйстве (сбор и обработка цифровых данных);
  - Оператор роботизированных механизмов в сельском хозяйстве (управление автоматизированными / роботизированными механизмами и машинами в сельском хозяйстве, а также их ремонт и обслуживание);
  - Агрокибернетик (внедрение новых информационных технологий, решений по автоматизации и информатизации и их оптимизация, аналитика и консультирование в области технологических процессов);
  - Специалист по защите от киберугроз, компетенции по управлению кибербезопасностью

- б) В МАШИНОСТРОЕНИИ:**
- Программист-наладчик автоматизированного оборудования и промышленности (программирование сложных технологических процессов и их наладка, обслуживание новых роботизированных и автоматизированных систем);
  - Цифровой метролог (контроль качества продукции и производства с применением современных методов и инструментов);
  - Полимеханик (разработка, исследование и применение аддитивных способов производства, изготовление прототипов);
  - Диспетчер нейросетей в промышленности (использование нейронных сетей для прогнозирования и планирования работы, манипуляций с робототехникой, управления качеством продукции и промышленной безопасностью);
  - Тестирующий-диагност в промышленности (диагностика различных сложных технологических систем в промышленности с целью обеспечения длительной и бесперебойной работы автоматизированного и роботизированного оборудования и предупреждения выхода его из строя и его поломок);

- в) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ:**
- Компетенции в области чтения BIM-моделей (BIM-техник в строительстве);
  - Компетенции в области обеспечения энергоэффективности в строительстве и при эксплуатации зданий и сооружений (Специалист по энергоэффективности);
  - Специалист по строительной робототехнике;
  - Специалист по кибербезопасности в информационных системах в строительстве;
  - Техник-оператор 3D-печати в строительстве.

В целом, по мере углубления проникновения цифровизации, автоматизации и роботизации в рассматриваемые секторы возрастает интеллектуальная составляющая труда, что требует от работников определенных компетенций, связанных с владением современными ИТ технологиями, а также надпрофессиональными компетенциями – критическим мышлением, аналитическими способностями, навыками командной работы и коммуникационными навыками, способностью принимать решения и др. Создание условий для формирования соответствующих навыков и компетенций у обучающихся является одной из задач системы ПОО.

**6.** Помимо новых профессий и компетенций, связанных с цифровизацией и автоматизацией, был также предложен ряд профессий и компетенций, отражающих специфические страновые условия Республики Беларусь.

С учетом установленных государственных стратегических задач по обеспечению потребности внутреннего рынка в овощах на протяжении всего года, в сельском хозяйстве было предложено рассмотреть подготовку Агротехнологов по выращиванию культур в контролируемых условиях. Кроме того, со стороны предпринимательского сектора был обозначен запрос на подготовку Технолога сельского хозяйства – специалиста, отвечающего за качество и эффективность всей технологии кормления сельскохозяйственных животных / птицы от выращивания кормовых культур (включая химический анализ почвы) и производства кормовой базы до выполнения всего комплекса работ по кормлению, в том числе на основании анализа цифровых данных, собираемых на предприятии.

В строительстве сформированы предложения по подготовке таких специалистов, как:

- Техник-обследователь / Специалист по рециклингу (сбор данных по зданиям и сооружениям, необходимых для принятия решения по проведению реконструкции / модернизации / капитального ремонта / демонтажа / сноса, проведение соответствующих обследований строительных конструкций, зданий и сооружений для инженерного персонала). Профессия предложена в качестве ответа на запросы, формируемые трендами, связанными с увеличением спроса на реконструкцию / модернизацию / обслуживание инфраструктуры, а также с трендами на повышение энергоэффективности и экологичности в строительстве и эксплуатации.
- Специалист по реновации (реконструкция, ремонт и восстановление исторических зданий и сооружений, включая объекты историко-культурного наследия).
- Многофункциональный рабочий в строительстве. Запрос на такого специалиста сформирован со стороны подрядных организаций, испытывающих недостаток рабочих традиционных специальностей.

**7.** Требуется дальнейшее развитие материально-технической базы учреждений образования в системе ПОО в целях ее соответствия современным образовательным запросам, формируется запрос на организацию подготовки и обучения преподавательского состава в учреждениях образования для получения необходимых компетенций и навыков в области новых технологий, диктующих долгосрочное развитие рассматриваемых секторов. Усиление и развитие новых форм взаимодействия между учреждениями образования и организациями – заказчиками кадров может быть одним из возможных направлений решения указанных задач.

Несмотря на предпринимаемые серьезные усилия по укреплению материальной базы учреждений ПОО и созданию центров компетенций, сохраняется проблема недостаточной материально-технической оснащенности многих учреждений образования. Соответственно, актуальными остаются вопросы, связанные с укреплением взаимодействия между организациями – потенциальными заказчиками кадров и учреждениями образования в части снятия барьеров для оказания поддержки предприятиями в виде передачи оборудования и средств обучения, а также в части создания центров практического обучения на базе отдельных наиболее крупных предприятий (к которым для целей данного контекста предлагается относить предприятия с численностью работников от 500 человек).

Развитие новых технологий и соответствующее обновление образовательных программ потребует также соответствующей подготовки преподавательского состава учреждений образования, для чего также могут быть рассмотрены различные форматы взаимодействия с реальным сектором, в том числе через организацию стажировок преподавателей на предприятиях, где внедрены соответствующие новые технологии.

**8.** Анализ международного опыта – Российской Федерации и стран ЕС – показывает, что все страны работают над развитием системы профессионального образования для обеспечения ее соответствия запросу со стороны заказчиков кадров, который в свою очередь формируется с учетом текущих и перспективных технологических трендов, а также давления демографических факторов. Важнейшими направлениями развития системы образования являются активное и многостороннее взаимодействие учреждений образования и корпоративного сектора, а также обеспечение оптимального баланса между профессиональными и надпрофессиональными компетенциями и навыками в образовательном процессе.

Основной фокус в Исследовании сделан на опыт Российской Федерации как наиболее развитой страны блока ЕАЭС, а также на страны ЕС, опыт которого также может быть интересен Республике Беларусь как европейской стране.

Выполненный анализ международного опыта в области развития системы профессионального образования показывает, что все наиболее развитые страны в настоящее время решают вопросы, так или иначе связанные с обеспечением соответствия системы образования вызовам глобальной социально-экономической повестки. Прежде всего, это цифровизация экономики и промышленности и обеспечение «зеленого» экономического роста, которые приводят к постоянной смене одних профессий, навыков и компетенций другими, при том, что такие изменения происходят в развитых странах на фоне давления демографических факторов, связанных со старением населения.

В числе направлений для возможной преемственности проанализированного опыта можно отметить следующие:

- выстраивание активного и многостороннего взаимодействия между различными участниками и заинтересованными сторонами образовательного процесса, охватывающего учреждения образования всех уровней, корпоративный сектор (заказчиков кадров), инвесторов;
- осуществление модернизации образовательной инфраструктуры в учреждениях образования для ее соответствия современным технологиям;
- выстраивание оптимального баланса между профессиональными навыками и так называемыми трансверсальными навыками (или «soft skills»);
- реализация программ обучения в течение всей жизни.

**9.** И международная практика, и белорусский опыт указывает на растущий спрос в системе образования на формирование у обучающихся трансверсальных навыков, так называемых «soft skills», или надпрофессиональных компетенций. Неизбежное отставание системы образования от темпов развития и смены технологий, существующие технологические различия между предприятиями в рамках одной отрасли – все это указывает на необходимость формирования в системе образования у выпускников сильной общей профессиональной базы, а также важных надпрофессиональных компетенций, в том числе восприимчивости к новым технологиям.

Участниками обсуждения на всех форсайт-сессиях высказывались мнения о том, что система образования, вероятно, будет неизбежно всегда отставать от динамики развития новых технологий и их практического внедрения на предприятиях. Более того, несмотря на общие характерные технологические особенности, специфические требования к специалистам могут все же существенно отличаться от предприятия к предприятию, в связи с чем предлагалось роль системы образования в большей степени ограничивать формированием сильной теоретической и профессиональной базы выпускников, адаптированной под текущие общие технологические тренды, а также формированием у них важных надпрофессиональных компетенций, включая гибкость и восприимчивость к технологическим изменениям.



# Б. РЕКОМЕНДАЦИИ



### ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ СФОРМИРОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. **Выстраивание системной работы в части проведения аналитических исследований, направленных на прогнозирование будущей потребности в кадрах, навыках и компетенциях, с включением в такую работу широкого круга заинтересованных лиц.**

Представленные в Исследовании результаты в виде потенциально востребованных профессий и компетенций в трех пилотных секторах были сформированы на основании обсуждения, состоявшегося в ограниченном экспертном кругу. Более детальная проработка изложенных предложений и рекомендаций, скорее всего, потребует вовлечения и получения обратной связи от более широкого круга заинтересованных лиц, и, прежде всего, более широкой выборки представителей корпоративного сектора.

В целом, может быть рекомендовано рассмотреть целесообразность создания постоянно действующего формата для взаимодействия между системой ПОО и организациями – потенциальными заказчиками кадров, который бы позволял осуществлять оперативный взаимный обмен мнениями, сбор обратной связи по обсуждаемым проектам изменений в системе образования. Ход обсуждения в рамках трех форсайт-сессий показал как наличие отдельных точек соприкосновения, так и определенный разрыв между системой ПОО и предприятиями – заказчиками кадров в части как видения относительно перспектив развития отрасли, так и роли и задач, стоящих перед системой образования. К примеру, позволять получать и обрабатывать оперативную обратную связь в части запроса со стороны отрасли к системе подготовки профессиональных кадров мог бы запуск онлайн-платформы (онлайн-сервиса) с возможностью регистрации различных заинтересованных сторон для последующего размещения на ней предложений со стороны организаций – заказчиков кадров в части развития системы подготовки кадров для отрасли, а также и встречных предложений со стороны системы образования, в том числе для проведения опросов представителей организаций – заказчиков кадров.

2. **Разработка новых (обновленных) образовательных стандартов и образовательных программ по предложенным профессиям и компетенциям.**

После дополнительной проработки и оценки в системе образования и, при необходимости, по более широкому кругу участников со стороны корпоративного сектора, может быть рекомендовано осуществить разработку новых (обновленных) образовательных стандартов и образовательных программ по профессиям и компетенциям, предложенным в настоящем Исследовании.

С учетом новизны отдельных профессий, может также потребоваться формирование запроса на создание независимой системы сертификации и оценки качества подготовки специалистов по новым специальностям.

Кроме того, в этой связи рекомендуется также реализовать мероприятия, направленные на повышение квалификации преподавательского состава (освоение преподавателями востребованных новых навыков, компетенций, новых технологий).

При этом, реализация на практике некоторых предложений в части запроса на новые профессии и компетенции, сформированных по результатам Исследования, может быть

связана также со следующими направлениями развития системы ПОО:

- дальнейшее развитие системы профессионального образования в направлении реализации коротких модульных программ обучения, обеспечивающих гибкость и индивидуализацию обучения, развития практического обучения «на местах» (непосредственно на предприятиях), формирования запроса на постоянное самообразование и обучение в течение всей жизни, обеспечения мобильности подготавливаемых работников (возможность простого перехода на дополнительные / смежные компетенции в процессе работы);
- изучение и адаптация международного опыта в части разработки корпоративных профессиональных стандартов путем выстраивания взаимодействия с крупнейшими заказчиками кадров в отрасли с целью последующей кастомизации системы подготовки кадров под запросы предприятий.

### 3. Разработка и реализация комплекса мероприятий, направленных на стимулирование более активного внедрения BIM-технологий в строительстве.

Поскольку ключевым стеком технологий в строительстве участниками обсуждения были определены BIM-технологии, целесообразно разработать и реализовать комплекс мероприятий, направленных на стимулирование их более активного внедрения в отрасли. В частности, было предложено:

- на уровне государственных технических нормативных правовых актов прописать обязательное применение BIM-технологий, регламентировав на начальной стадии внедрения обязательное их применение для объектов, соответствующих определенным критериям (например, по таким параметрам, как площадь объекта, стоимость объекта), в том числе через обязательное наличие проекта, разработанного с использованием BIM-технологий, для прохождения государственной строительной экспертизы (также поэтапное введение данного требования для различных типов объектов по уровню сложности);
- рассмотреть возможность введения и применения инструментов государственной поддержки для субъектов хозяйствования в строительстве при приобретении программного обеспечения, необходимого для внедрения BIM-технологий;
- разработать комплекс мер государственной поддержки для реализации программ переобучения / переподготовки в области использования BIM-технологий для преподавательского состава учреждений образования, работников проектных, строительных организаций и иных субъектов в отрасли.

### 4. Обновление образовательных программ и методик обучения в части обеспечения их соответствия запросу о формировании у обучающихся «soft skills», в том числе аналитические способности, критическое мышление, принятие решений, коммуникационные навыки, умение работать в команде, планировать свою деятельность, восприимчивость к новым технологиям и др.

Обеспечение оптимального баланса между профессиональным компонентом и трансверсальными навыками («soft skills») в образовательном процессе отмечается среди важнейших задач системы образования. В этой связи рекомендуется внедрить в образовательные программы по большинству профессий предметы, связанные с обучением общим управленческим навыкам и компетенциям, навыкам риск-менеджмента, планирования, координации, принятия решений и других надпрофессиональных компетенций, либо внедрить в образовательный процесс по существующим предметам элементы и методики обучения, позволяющие параллельно с преподаванием профессионального компонента осуществлять также передачу обучающимся описанных трансверсальных навыков и «soft skills».

### 5. Обновление образовательных программ и методик обучения в части организации по большинству профессий обучения основам информационных технологий, цифровым навыкам и основам кибербезопасности.

С учетом безусловного тренда цифровизации во всех рассматриваемых секторах, рекомендуется внедрение в образовательные программы по большинству профессий предметов, связанных с обучением основам информационных технологий и цифровым навыкам, а также основам кибербезопасности.

### 6. Расширение направлений сотрудничества между учреждениями образования системы ПОО и организациями – потенциальными заказчиками кадров и углубление взаимодействия по уже представленным форматам сотрудничества.

Рекомендуется выстраивание более тесного и многостороннего взаимодействия между учреждениями образования и организациями – потенциальными заказчиками кадров, в том числе в части практической подготовки обучающихся, через участие в разработке / экспертизе образовательных программ, предоставления возможности для стажировок преподавательского состава с задействованием инфраструктуры предприятий и кадрового потенциала, планирования перспективной потребности в кадрах, разработки программ наставничества и иных направлений.

С заинтересованными сторонами может быть рассмотрен вопрос о создании на базе крупнейших предприятий учебных центров (в дополнение к развивающейся в настоящее время концепции создания центров компетенций на базе отдельных учреждений образования). Создаваемые на базе крупнейших и наиболее инновационных предприятий, такие центры обучения могли бы стать базой для практического обучения и формирования практических навыков у обучающихся по соответствующему профилю.

### 7. Реализация мероприятий, направленных на обновление материально-технической базы учреждений образования в системе ПОО.

Рекомендуется разработка программы модернизации инфраструктуры и технической базы учреждений образования (особенно расположенных в регионах), в том числе с проработкой участия в ее финансировании промышленных предприятий и инвесторов и возможных направлений государственной поддержки. Модернизация образовательной инфраструктуры в учреждениях образования является важным условием эффективности обучения, особенно в случае обучения новым профессиям, связанным с развитием новых технологий, однако в текущих социально-экономических условиях это требует проработки разнообразных источников и форм финансирования, кроме бюджетного финансирования.



7.

# БИБЛИОГРАФИЯ



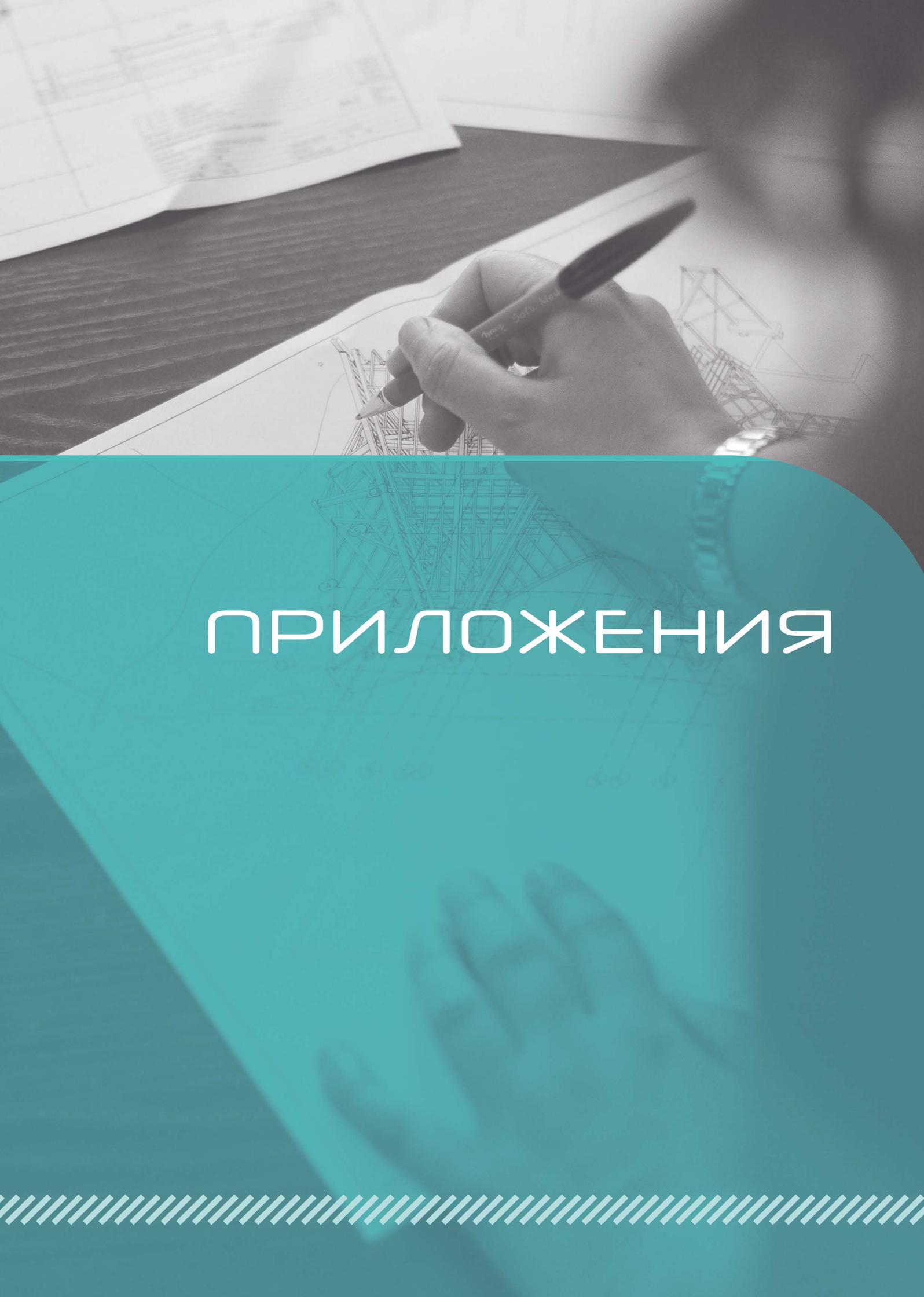
1. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности занятых по отраслям, 2012-2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=153171>)
2. [www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/natsionalnye-scheta](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/natsionalnye-scheta)
3. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по номинальной начисленной среднемесячной заработной плате за январь-декабрь 2023 года (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=155437>)
4. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности населения на начало года (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299>)
5. [www.belstat.gov.by/upload/iblock/0a7/lk1zigmat2zbcwvo3ljrfm1tow2f5zd2.pdf](http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/0a7/lk1zigmat2zbcwvo3ljrfm1tow2f5zd2.pdf)
6. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2023 (пункт 4.5 Распределение населения по возрастным группам, 2019-2023 гг.) — <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/0a7/lk1zigmat2zbcwvo3ljrfm1tow2f5zd2.pdf>
7. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2019 (пункт 4.1.5 Распределение населения по возрастным группам, 2017-2019 гг.) — <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/35d/35d07d80895909d7f4fdd0ea36968465.pdf>
8. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2016 (пункт 4.5 Распределение населения по возрастным группам, 2014-2016 гг.) — [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_8026/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_8026/)
9. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2013 (пункт 4.13 Распределение населения по возрастным группам, 2011-2013 гг.) — [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_3495/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_3495/)
10. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2023 (пункт 4.3 Численность мужчин и женщин, 2012-2023 гг.) — <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/0a7/lk1zigmat2zbcwvo3ljrfm1tow2f5zd2.pdf>
11. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности населения в разбивке по полу и возрасту, 2012-2023 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299>)
12. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности населения в разбивке по сельской и городской местности, по областным центрам, по областям Республики Беларуси, 2012-2023 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144299>)
13. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности занятого населения в среднем за период, 2012-2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=155115>)
14. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по уровню занятости населения по возрастному составу, 2014-2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=186984>)
15. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по уровню занятости населения по областям Беларуси и г. Минску, 2014-2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=186984>)
16. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности занятого населения по формам собственности, 2012-2020 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=155116>)
17. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности занятого населения по формам собственности, 2021-2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=253147>)
18. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по численности занятых по отраслям, 2012-2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=153171>)
19. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по номинальной начисленной среднемесячной заработной плате всего по Республике Бела-

- рუსь, областям и г. Минску, 2012–2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=155348>)
20. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по индексу реальной заработной платы по Республике Беларусь, областям и г. Минску, 2012–2022 гг. (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=155442>)
  21. Статистический буклет сельское хозяйство Республики Беларусь, 2023 г. ([www.belstat.gov.by/upload/iblock/e44/omhrgtzoda196g3yr9b2r81r71vexa2k.pdf](http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/e44/omhrgtzoda196g3yr9b2r81r71vexa2k.pdf))
  22. Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь по объему экспорта сельскохозяйственной продукции в 2021 г. и ее доли в совокупном объеме экспорта Республики Беларусь (<https://mshp.gov.by/ru/news-ru/view/itogi-raboty-otrasli-v-2021-godu-rassmotreny-na-zasedanii-kollegii-ministerstva-selskogo-xozjajstva-i-1829-2022/>)
  23. Данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь по объему экспорта сельскохозяйственной продукции в 2022 г. (<https://mshp.gov.by/ru/news-ru/view/proizvodstvo-produktsii-selskogo-xozjajstva-v-belarusi-s-2010-goda-vyroslo-a-30-8901-2023/>)
  24. Статистический буклет сельское хозяйство Республики Беларусь, 2023 г. (пункт 3.1 Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств, 2018–2022 гг. [www.belstat.gov.by/upload/iblock/e44/omhrgtzoda196g3yr9b2r81r71vexa2k.pdf](http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/e44/omhrgtzoda196g3yr9b2r81r71vexa2k.pdf))
  25. Статистический буклет сельское хозяйство Республики Беларусь, 2018 г. (пункт 4.1 Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств, 2010–2017 гг. [www.belstat.gov.by/upload/iblock/467/467aa1b41867af2c6161954be82ccca6.pdf](http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/467/467aa1b41867af2c6161954be82ccca6.pdf))
  26. Данные Национального статистического комитета по объемам промышленного производства в текущих ценах (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=136967>)
  27. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по объемам внешней торговли (<http://dataportal.belstat.gov.by/AggregatedDb>).
  28. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по среднесписочной численности работников (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=246368>).
  29. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по объемам инвестиций в основной капитал (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=156385>)
  30. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по объемам выполненных подрядных работ в строительстве (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=178121>).
  31. Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь по объемам ввода жилья (<http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=181189>).
  32. Сельскохозяйственный прогноз ОЭСР-ФАО на 2023–2032 годы (Agricultural Outlook 2023–2032) // ОЭСР-ФАО, 2023. Режим доступа: [www.fao.org/3/cc6361en/cc6361en.pdf](http://www.fao.org/3/cc6361en/cc6361en.pdf).
  33. Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка, регулирование, практика // ЕЭК, 2022. Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka-regulirovanie.pdf>.
  34. Отчет о производительности мирового сельского хозяйства (World Agricultural Productivity Report) // Колледж сельского хозяйства и биологических наук Вирджинского технологического института в США, 2023. [https://globalagriculturalproductivity.org/wp-content/uploads/2023/10/2023-GAP\\_Executive-Summary\\_FINAL.pdf](https://globalagriculturalproductivity.org/wp-content/uploads/2023/10/2023-GAP_Executive-Summary_FINAL.pdf).
  35. Глобальный рынок умных ферм — мировой и региональный анализ (Global Smart Farming Market — A Global and Regional Analysis) // BIS Research, 2023. Режим доступа: [https://bisresearch.com/industry-report/smart-farming-market.html?utm\\_source=Statista](https://bisresearch.com/industry-report/smart-farming-market.html?utm_source=Statista).
  36. Отчет «Анализ тенденций и роста рынка умного сельского хозяйства [2023–2030]» (Smart Agriculture Market Trend and Growth Analysis [2023–2030] Report // Market Reports World, 2023. Режим доступа: [www.marketreportsworld.com/TOC/22364292](http://www.marketreportsworld.com/TOC/22364292).
  37. Топ-10 технологических инновационных трендов в сельском хозяйстве в 2024 году (Uncover the Top 10 Agriculture Trends, Technologies & Innovations in 2024) // StartUs Insights. Режим доступа: [www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/](http://www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/).
  38. 5 тенденций в сфере агротехнологий, за которыми стоит следить в 2024 году (5 AgTech Trends to Watch in 2024) // Agrimatix, Рон Баручи (Ron Baruchi), 2023. Режим

- доступа: [www.globalagtechinitiative.com/digital-farming/analytics/5-agtech-trends-to-watch-in-2024](http://www.globalagtechinitiative.com/digital-farming/analytics/5-agtech-trends-to-watch-in-2024).
39. Тенденции, которые, как ожидается, окажут «значительное влияние» на сельское хозяйство (Trends expected to «dramatically impact» agriculture) // World Grain, Кристал Фатрелл (Crystal Futrell), 2023. Режим доступа: [www.world-grain.com/articles/18308-trends-expected-to-dramatically-impact-agriculture](http://www.world-grain.com/articles/18308-trends-expected-to-dramatically-impact-agriculture).
  40. 5 тенденций, которые будут определять сельское хозяйство во второй половине 2023 года (5 trends set to define agriculture in the second half of 2023) // Industry Dive, Натан Оуэнс (Nathan Owens), Сара Циммерман (Sarah Zimmerman), 2023. Режим доступа: [www.agriculturedive.com/news/agriculture-trends-2023-farm-bill-food-climate-change/653806/](http://www.agriculturedive.com/news/agriculture-trends-2023-farm-bill-food-climate-change/653806/).
  41. Лучшие стартапы в области автономных тракторов (Top Autonomous Tractors Startups) // Tracxn, 2024. Режим доступа: [https://tracxn.com/d/trending-themes/startups-in-autonomous-tractors/\\_wn8S0GeLZpLojtQWKb52G3eqqdmhXPSoylrk0A8e1w](https://tracxn.com/d/trending-themes/startups-in-autonomous-tractors/_wn8S0GeLZpLojtQWKb52G3eqqdmhXPSoylrk0A8e1w).
  42. Технологические тенденции 2024 (Tech Trends 2024) // Deloitte Consulting LLP, Майк Бехтель (Mike Bechtel), Билл Бриггс (Bill Briggs). Режим доступа: [www2.deloitte.com/content/dam/insights/articles/us176403\\_tech-trends-2024/DI\\_Tech-trends-2024.pdf](http://www2.deloitte.com/content/dam/insights/articles/us176403_tech-trends-2024/DI_Tech-trends-2024.pdf).
  43. Что такое Индустрия 4.0, Четвертая промышленная революция и 4IR? (What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?) // McKinsey & Company, 2022. Режим доступа: [www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir#](http://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir#/).
  44. Развитие интеллектуального производства (Accelerating smart manufacturing) // Deloitte Consulting LLP, Пол Велленер (Paul Wellener), Бен Доллар (Ben Dollar), 2020. Режим доступа: [www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/accelerating-smart-manufacturing.html](http://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/accelerating-smart-manufacturing.html).
  45. Дорожная карта для автомобильной промышленности Европы (A road map for Europe's automotive industry) // McKinsey & Company, Андреас Корне (Andreas Cornet), Рут Хойс (Ruth Heuss), 2023. Режим доступа: [www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-road-map-for-europes-automotive-industry](http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-road-map-for-europes-automotive-industry).
  46. Перспективы развития немецкого машиностроения (Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau) // McKinsey & Company. Режим доступа: [www.plastverarbeiter.de/wp-content/uploads/migrated/docs/10096\\_17277.pdf](http://www.plastverarbeiter.de/wp-content/uploads/migrated/docs/10096_17277.pdf).
  47. Европейские машиностроительные компании: Достижение баланса за счет инноваций (European machinery companies: Achieving balance through innovation) // McKinsey & Company, Самуэль Байерлайн (Samuel Bayerlein), Доротея Херринг (Dorothee Herring), 2023. Режим доступа: [www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/european-machinery-companies-achieving-balance-through-innovation#](http://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/european-machinery-companies-achieving-balance-through-innovation#/).
  48. Повышение рентабельности машиностроительного сектора с помощью облачной цифровизации (Boosting machinery sector profitability via cloud-aided digitalization) // McKinsey & Company, Мари Эль Хойек (Marie El Hoyek), Доротея Херринг (Dorothee Herring), 2023. Режим доступа: [www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/boosting-machinery-sector-profitability-via-cloud-aided-digitalization#](http://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/boosting-machinery-sector-profitability-via-cloud-aided-digitalization#/).
  49. Футуристические тенденции в машиностроении (Futuristic Trends in Mechanical Engineering) // Национальный технологический институт (Агартала), Сатишкумар Санкар (Sathishkumar Sankar), Университет Джайна, Шришайл Соллапур (Shrishail Sollapur), 2022. Режим доступа: [www.researchgate.net/publication/369660057\\_Futuristic\\_Trends\\_in\\_Mechanical\\_Engineering](http://www.researchgate.net/publication/369660057_Futuristic_Trends_in_Mechanical_Engineering).
  50. Современные тенденции в машиностроении и их влияние (Recent Trends in Mechanical Engineering and Their Impact) // Университет Де Монфорт (Дубай), 2023. Режим доступа: <https://dmu.ac.ae/blogs/recent-trends-in-mechanical-engineering-and-their-impact>.
  51. Формирование будущего: 7 тенденций в машиностроении (Shaping the Future: 7 Trends in Mechanical Engineering) // STEM Search Group, 2023. Режим доступа: <https://stemsearchgroup.com/shaping-the-future-7-trends-in-mechanical-engineering/>.
  52. Значение машиностроения в современной промышленности (The Significance of Mechanical Engineering in Today's Industries) // Utilities One, 2023. Режим доступа: <https://utilitiesone.com/the-significance-of-mechanical-engineering-in-todays-industries>.
  53. Прогноз развития инженерно-строительной отрасли на 2024 год (2024 Engineering and Construction industry outlook) // Deloitte Consulting LLP, Research Center for Energy & Industrials, Мишель Майзельс (Michelle Meisels), Миша Никулин (Misha Nikulin). Ре-

- жим доступа: [www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/engineering-and-construction/engineering-and-construction-industry-outlook.html](http://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/engineering-and-construction/engineering-and-construction-industry-outlook.html).
54. Кибербезопасность в строительной индустрии (Building cybersecurity in the construction industry) // Deloitte Consulting LLP, Мацей Красонь (Maciej Krason), 2022. Режим доступа: [www2.deloitte.com/ce/en/pages/real-estate/articles/ce-building-cybersecurity-in-the-construction-industry.html](http://www2.deloitte.com/ce/en/pages/real-estate/articles/ce-building-cybersecurity-in-the-construction-industry.html).
  55. Почему строительная отрасль подвергается кибератакам и что с этим делать (Why The Construction Industry Is Being Impacted By Cyberattacks, And What To Do About It) // Beckage, Дженифер А. Бекейдж (Jennifer A. Beckage), Дэниел Дж. Парциале (Daniel J. Parziale), 2021. Режим доступа: [www.agc.org/sites/default/files/Galleries/enviro\\_members\\_file/CLE%20Paper\\_%20Cyber%20Attacks%20and%20the%20Construction%20Industry.pdf](http://www.agc.org/sites/default/files/Galleries/enviro_members_file/CLE%20Paper_%20Cyber%20Attacks%20and%20the%20Construction%20Industry.pdf).
  56. Технологические тренды в строительстве, за которыми стоит следить в 2024 году (Construction technology trends to watch in 2024) // PlanRadar, 2023. Режим доступа: [www.planradar.com/sa-en/construction-technology-trends-to-watch-in-2024/](http://www.planradar.com/sa-en/construction-technology-trends-to-watch-in-2024/).
  57. Ключевые технологические тенденции в строительной отрасли в 2024 году (Key Technology Trends in the Construction Industry in 2024) // Epicflow, Виктория Соколова (Victoria Sokolova), 2023. Режим доступа: [www.epicflow.com/blog/key-technology-trends-in-the-construction-industry/](http://www.epicflow.com/blog/key-technology-trends-in-the-construction-industry/).
  58. Строительные роботы в 2024 году: Полное руководство (Construction Robots in 2024: A Comprehensive Guide) // Neuroject, Камран Араби (Kamran Arabi), 2023. Режим доступа: <https://neuroject.com/construction-robots/>.
  59. 7 Применений дополненной реальности (AR) в строительстве (7 Applications for Augmented Reality (AR) in Construction) // SmartTek Solutions, Владимир Федорычак (Volodymyr Fedorychak), 2023. Режим доступа: <https://smarttek.solutions/blog/augmented-reality-in-construction/>.
  60. Проблемы ИТ и кибербезопасности, с которыми сталкивается строительная отрасль (IT and Cybersecurity Challenges Facing the Construction Industry) // CliftonLarsonAllen, Адам Вебб (Adam Webb), 2023. Режим доступа: [www.claconnect.com/en/resources/articles/2023/it-and-cybersecurity-challenges-facing-the-construction-industry](http://www.claconnect.com/en/resources/articles/2023/it-and-cybersecurity-challenges-facing-the-construction-industry).
  61. Среднее профессиональное образование в России: ресурс для развития экономики и формирования человеческого капитала: аналитический доклад / Ф. Ф. Дудырев, К. В. Анисимова, И. А. Артемьев и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – 100 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-7598-2678-1 (в обл.).
  62. Экспертный доклад. Среднее профессиональное образование в России: шаг в будущее ([https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/upload/Doklad\\_Prof\\_Edu\\_221220.pdf](https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/upload/Doklad_Prof_Edu_221220.pdf)).
  63. Cedefop (2022). Setting Europe on course for a human digital transition: new evidence from Cedefop's second European skills and jobs survey. Luxembourg: Publications Office. Cedefop reference series; No 123 <http://data.europa.eu/doi/10.2801/253954>.
  64. Cedefop (2023). The future of vocational education and training in Europe: synthesis report. Luxembourg: Publications Office. Cedefop reference series; No 125. <http://data.europa.eu/doi/10.2801/08824>.
  65. Cedefop (2022). The future of vocational education and training in Europe. Volume 1: the changing content and profile of VET: epistemological challenges and opportunities. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Cedefop research paper; No 83. <http://data.europa.eu/doi/10.2801/215705>.
  66. Cedefop (2022). The future of vocational education and training in Europe: volume 2: delivering IVET: institutional diversification and/or expansion? Luxembourg: Publications Office. Cedefop research paper, No 84. <http://data.europa.eu/doi/10.2801/780431>.
  67. European Skills Agenda for sustainable competitiveness, social fairness and resilience. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Brussels, 1.7.2020 COM(2020) 274 final.
  68. European Skills Agenda for sustainable competitiveness, social fairness and resilience. P9\_TA-PROV(2021)0051.
  69. Cedefop (2021). The green employment and skills transformation: insights from a European Green Deal skills-forecast scenario. Luxembourg: Publications Office. <http://data.europa.eu/doi/10.2801/112540>.

70. Development and Cooperation – EuropeAid – TVET and Skills Development in EU Development Cooperation.
71. Vocational Education and Training and the Green Transition. A Compendium of inspiring practices. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. ISBN 978-92-68-04413-1.
72. Osnabrück Declaration on vocational education and training as an enabler of recovery and just transitions to digital and green economies. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021 ISBN 978-92-76-43241-8.
73. Proposal for a COUNCIL RECOMMENDATION on improving the provision of digital skills in education and training — Strasbourg, 18.4.2023 – COM(2023) 206 final – 2023/0100 (NLE).
74. Vocational education and training — Skills for today and for the future — Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022 — ISBN 978-92-76-43582-2.



# ПРИЛОЖЕНИЯ

# ПРИЛОЖЕНИЕ I. ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

## ОСОБЕННОСТИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПО РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Для динамики численности населения Республики Беларусь характерен отрицательный тренд, начиная с 2018 года. Так, совокупный среднегодовой темп прироста (CAGR) за период 2018-2023 гг. составил -1%, в результате чего численность населения в стране уменьшалась с 9,4 млн человек на начало 2018 года до 9,2 млн человек на начало 2023 года. За весь период 2012-2023 гг. совокупное снижение общей численности населения в стране составило -271 тыс. человек.

График 1 Динамика численности населения на начало периода в Республике Беларусь



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Структура численности населения по полу не изменялась на протяжении периода 2012-2023 гг. Так, женское население преваляло в структуре и составляло 54% на протяжении анализируемого периода. Ввиду снижения совокупного количества населения численность женщин также демонстрировала отрицательную динамику, о чем свидетельствует CAGR в размере -0,2%. Численность мужчин также снижалась, CAGR за тот же период составил -0,3%.

График 2 Динамика численности населения по полу на начало периода, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В структуре численности населения по типу местности наибольший удельный вес имеют жители городской местности, доля которых возрастает на протяжении периода 2012-2023 гг. с 75% до 78%. Среднегодовые темпы снижения численности населения в городской местности ниже, чем темпы снижения численности населения в сельской местности, о чем свидетельствует CAGR, рассчитанный на уровне 0,1% и -1,4% для городских и для сельских жителей соответственно. В абсолютном выражении численность жителей городской местности по Республике Беларусь составляет 7 120-7 304 тыс. человек, в сельской местности – 1 988-2 331 тыс. человек.

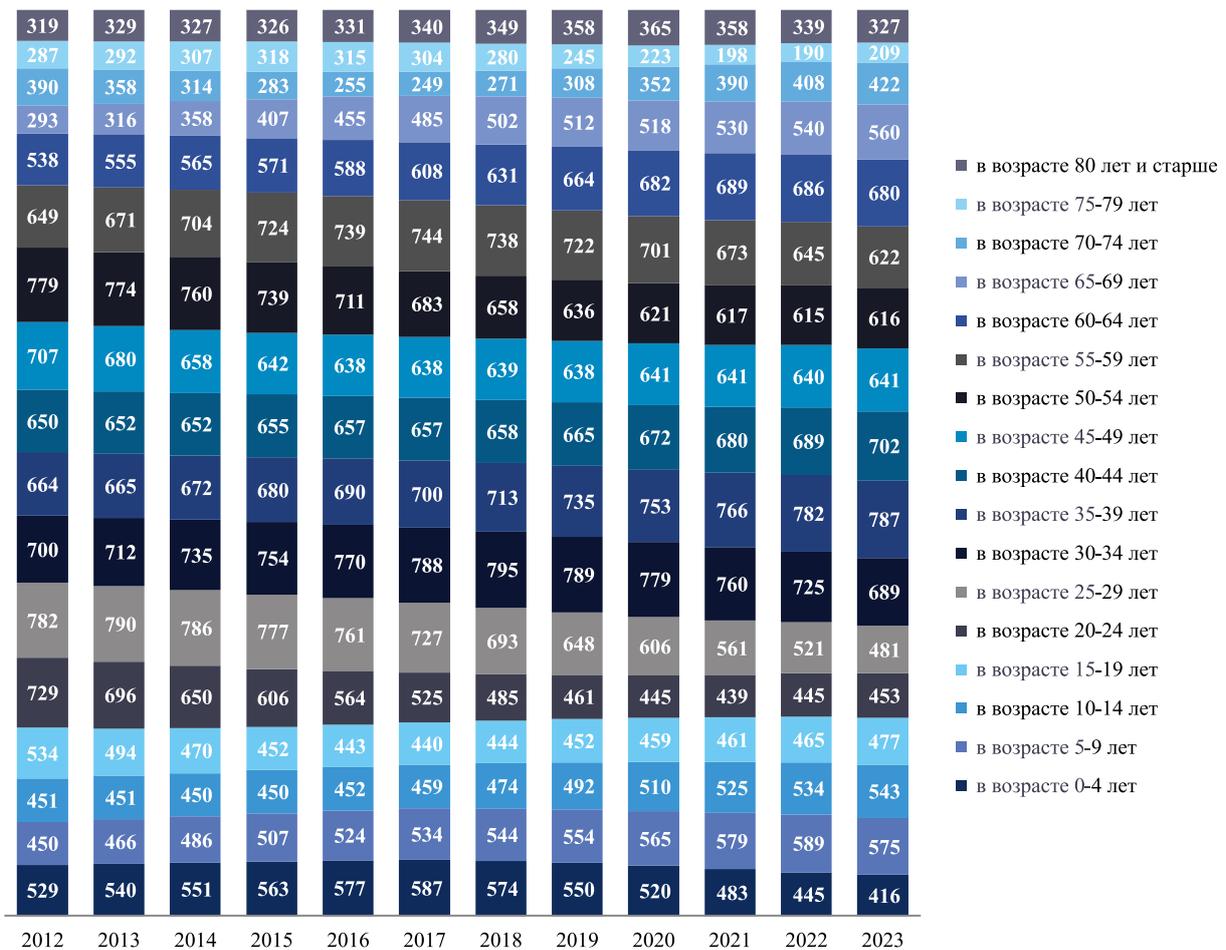
График 3 Динамика численности населения по типу местности на начало периода, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В структуре численности населения по возрасту в период 2012-2023 гг. преобладают категории населения в возрасте от 30 до 59 лет, которые в совокупности составляют порядка 44% от общего количества населения по Республике Беларусь. В анализируемый период снижается доля населения в возрасте от 20 до 29 лет с 8% до 5% в общей структуре населения. Доля населения, возраст которых от 60 лет и старше, напротив, демонстрирует положительный тренд как в удельном весе, так и в количественном выражении, что свидетельствует о старении населения Беларуси.

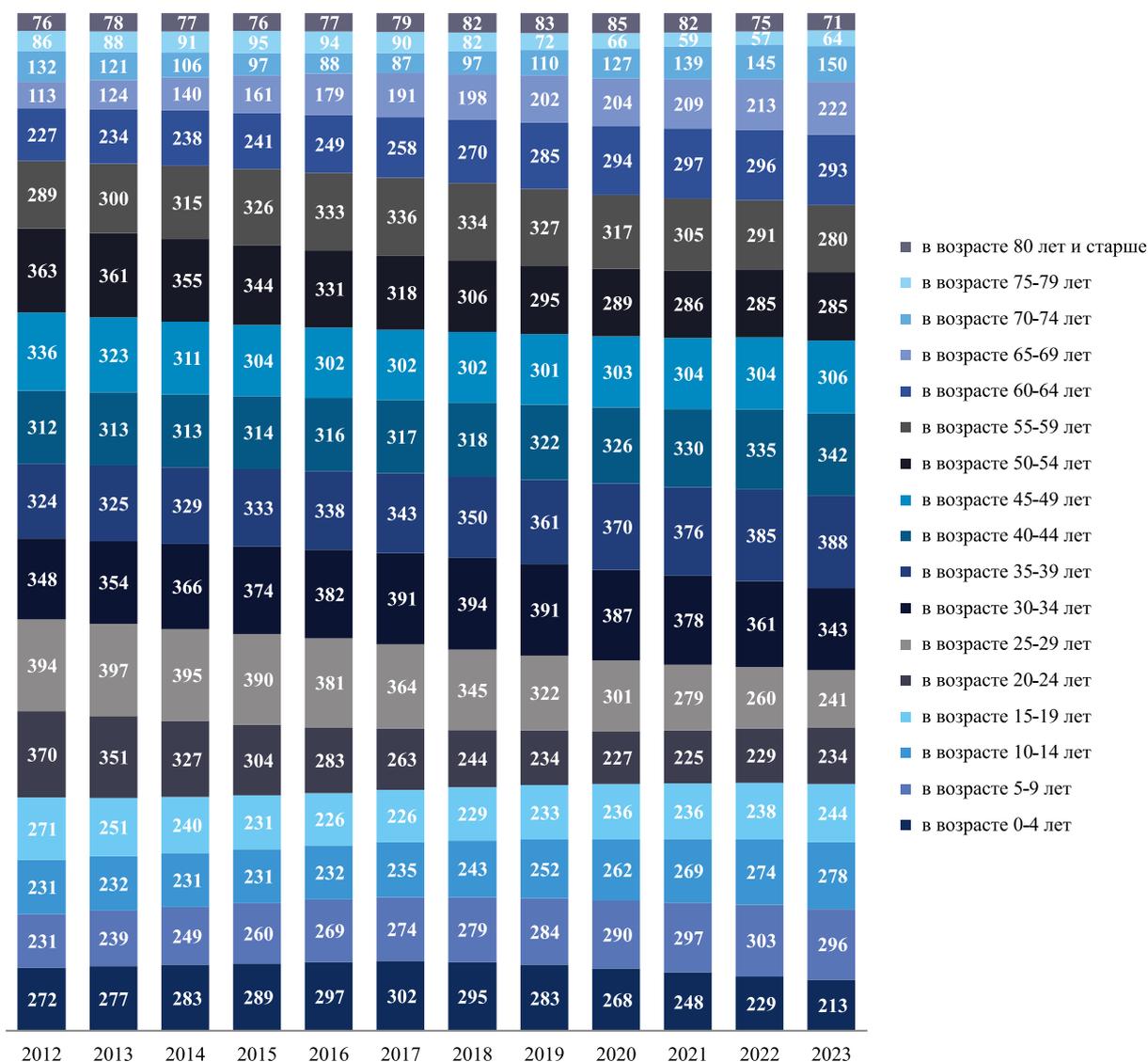
График 4 Динамика численности населения по возрасту в Республике Беларусь, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В структуре численности мужчин преобладает население от 30 до 49 лет, данная возрастная группа на протяжении анализируемого периода 2012-2023 гг. составляет в совокупности 30-32% от общего количества населения мужского пола. Доля мужчин в возрасте от 20 до 29 лет снизилась с 17% в 2012 году до 11% в 2023 году. В абсолютном выражении снижение по указанной возрастной группе в анализируемом периоде составило 297 тыс. человек. В свою очередь, наибольший количественный рост в период 2012-2023 гг. наблюдался по группе мужчин в возрасте 65-69 лет и составил +106 тыс. человек.

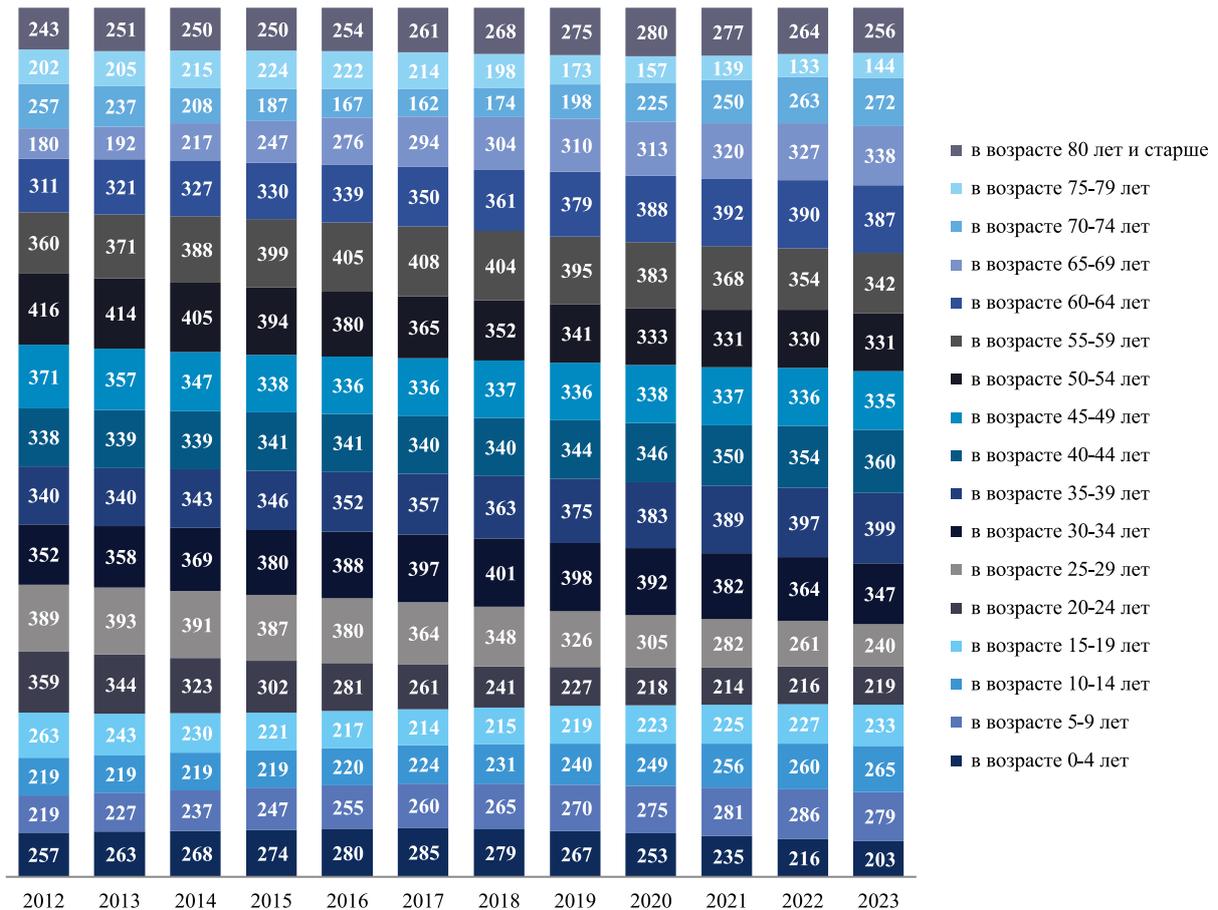
График 5 Динамика численности мужчин по возрасту в Республике Беларусь, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Наибольший удельный вес в структуре численности женщин занимают женщины от 30 до 59 лет, данная возрастная группа в совокупности составляет в общей структуре 43% на протяжении периода 2012-2023 гг. Так же, как и в структуре населения мужского пола, наибольшую отрицательную динамику в общей структуре численности женщин демонстрирует доля женщин в возрасте от 20 до 29 лет (-293 тыс. человек за период 2012-2023 гг.). Так, если в 2012 году доля женщин в возрасте от 20 до 29 лет составила 15%, то в 2023 году – уже 9%. С другой стороны, в анализируемом периоде доля женщин в возрасте от 60 до 69 лет увеличивается с 10% в 2012 году до 15% на начало 2023 года (+151 тыс. человек за период 2012-2023 гг.).

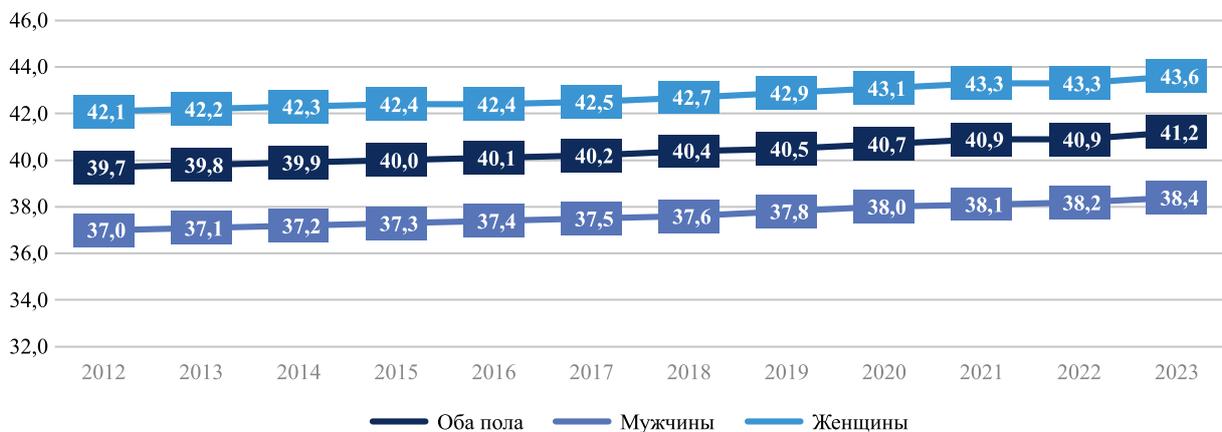
График 6 Динамика численности женщин по возрасту в Республике Беларусь, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Выводы о стареющем населении подтверждаются динамикой среднего возраста населения в период 2012-2023 гг. Динамика среднего возраста населения характеризуется ростом как у мужчин, так и у женщин по Республике Беларусь. Также отмечается, что средний возраст женщин (42-43 года в период 2012-2023 гг.) превышает средний возраст мужчин (37-38 лет в период 2012-2023 гг.). Ежегодно увеличивающийся средний возраст населения подтверждает выводы о старении населения в Республике Беларусь, а разница в среднем возрасте мужчин и женщин указывает на более длительную продолжительность жизни у женщин.

График 7 Динамика среднего возраста населения на начало периода

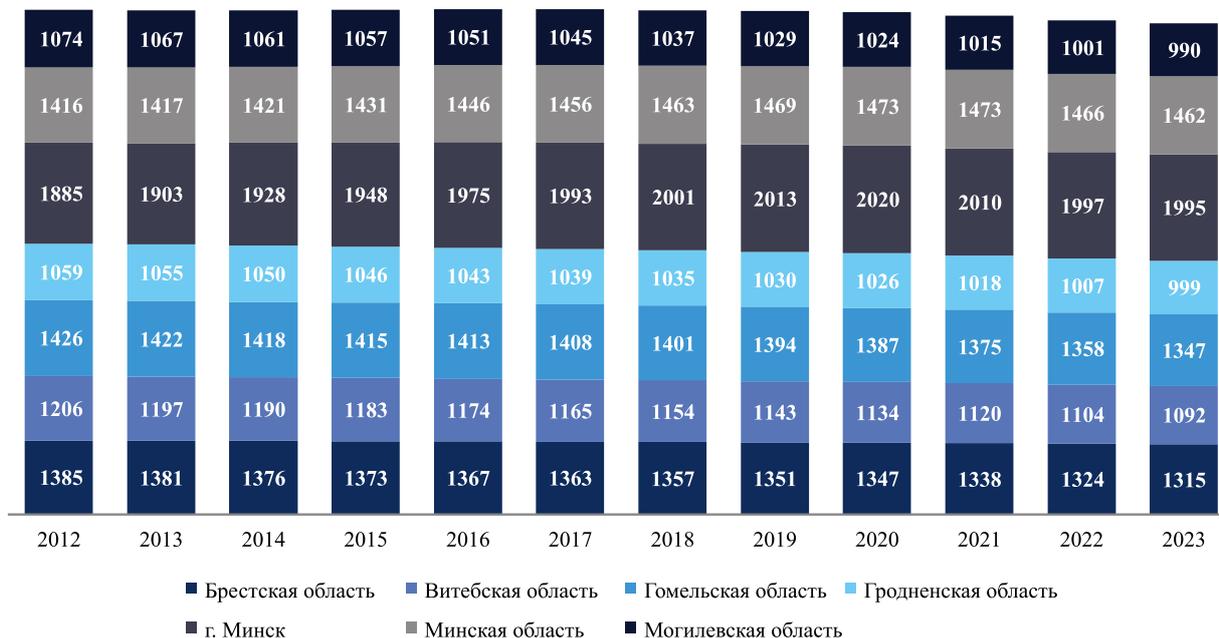


Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Наиболее населенными регионами по Республике Беларусь за период 2012-2023 гг. являются Минская область и город Минск, оба региона в совокупности составляют 35-38% от общей численности населения Республики Беларусь. Наименее населенными областями являются Могилевская и Гродненская области

(11% каждая). По всем областям, за исключением города Минска и Минской области (где прирост составил соответственно +133 тыс. человек и +42 тыс. чел. за период 2012-2023 гг.), наблюдается снижение численности. Наибольшее снижение произошло в Витебской области – на 125 тыс. человек.

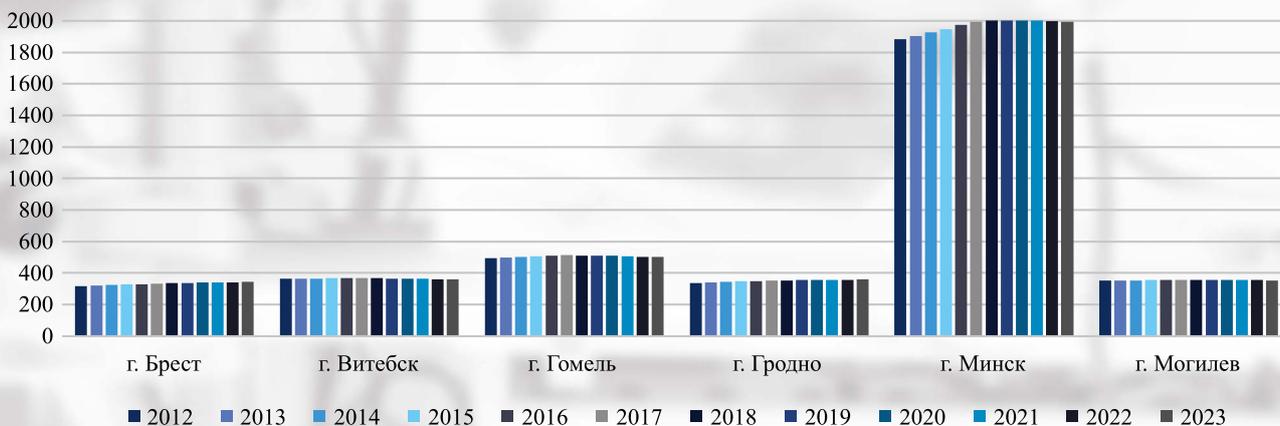
График 8 Динамика численности населения по областям на начало периода, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Наиболее населенным регионом в Беларуси является город Минск, численность населения которого варьируется в пределах 1 885-2 020 тыс. человек в период 2012-2023 гг. За весь анализируемый период для Минска был отмечен прирост численности населения на 181 тыс. человек. В свою очередь, наименьшей численностью населения характеризуется город Брест, численность которого варьируется в пределах 317-342 тыс. человек в период 2012-2023 гг. За весь период для Бреста был отмечен прирост численности населения на 37 тыс. человек. Прирост численности населения за последние 12 лет наблюдался во областных центрах, за исключением Витебска (снижение на 4 тыс. человек), что связывается с трендом урбанизации населения.

График 9 Динамика численности населения по областным центрам, тыс. чел.

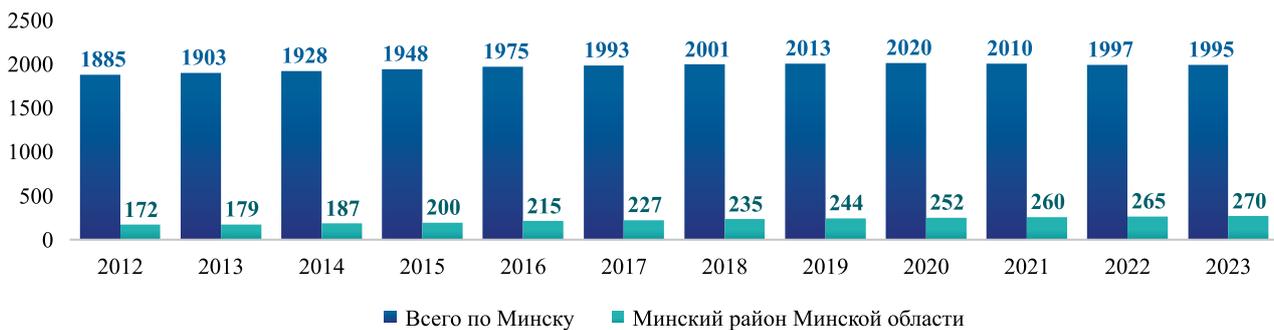


Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

## ОСОБЕННОСТИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПО МИНСКУ

Для динамики численности населения по городу Минск и Минскому району в периоде 2012-2023 гг. отмечен положительный тренд, о чем свидетельствует CAGR, рассчитанный в размере +1% и +4% соответственно. За период 2012-2023 гг. совокупный прирост населения в абсолютном выражении составил +133 тыс. человек и +103 тыс. человек по Минску и Минскому району соответственно. Численность населения по Минскому району в анализируемом периоде возрастает с 172 тыс. человек до 270 тыс. человек, что стало результатом активной застройки территории Минского района современным жильем.

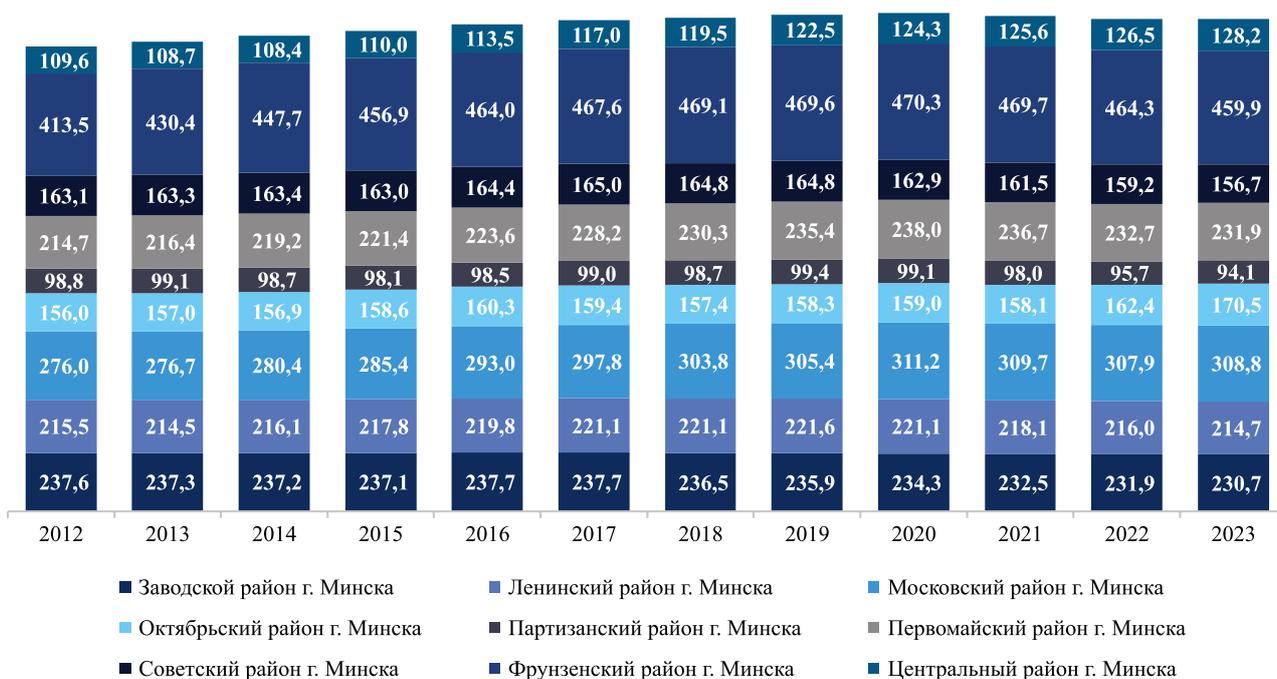
График 10 Динамика численности населения по г. Минск и Минского района Минской области, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Фрунзенский и Московский административные районы города Минска являются наиболее населенными, их доля составляет порядка 23% и 15% соответственно от совокупной численности города Минска. Также для данных районов отмечена положительная динамика на протяжении всего периода 2012-2023 гг. За последние 12 лет численность населения увеличилась на 63 тыс. чел. и 35 тыс. чел. соответственно во Фрунзенском и Московском административных районах. Партизанский административный район характеризуется наименьшей численностью, и за период 2012-2023 гг. в нем наблюдается снижение численности на 4 тыс. человек.

График 11 Динамика численности населения по районам г. Минска, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В возрастной структуре населения города Минска наибольший удельный вес наблюдается у населения в

возрасте от 30 до 39 лет, указанная возрастная группа в совокупности составляет 15-19% от общей численности населения города Минска. Наибольший прирост численности населения в период 2012-2023 гг. наблюдается в возрасте 35-44 лет и составляет 119 тыс. человек. За последние 12 лет также прирастало население в возрасте 60 лет и старше (рост на 134 тыс. человек). Наибольшее снижение наблюдалось по группе населения в возрасте 20-29 лет и составило -154 тыс. человек.

График 12 Динамика численности населения г. Минска по возрасту, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В гендерной структуре численности населения города Минска в период 2012-2023 гг. преобладают женщины – 54-55%, в абсолютном выражении их численность на начало 2023 года составляет 1 097,7 тыс. человек, численность мужчин на тот же период составляет 907,7 тыс. чел.

График 13 Динамика численности населения г. Минска по полу, тыс. чел.

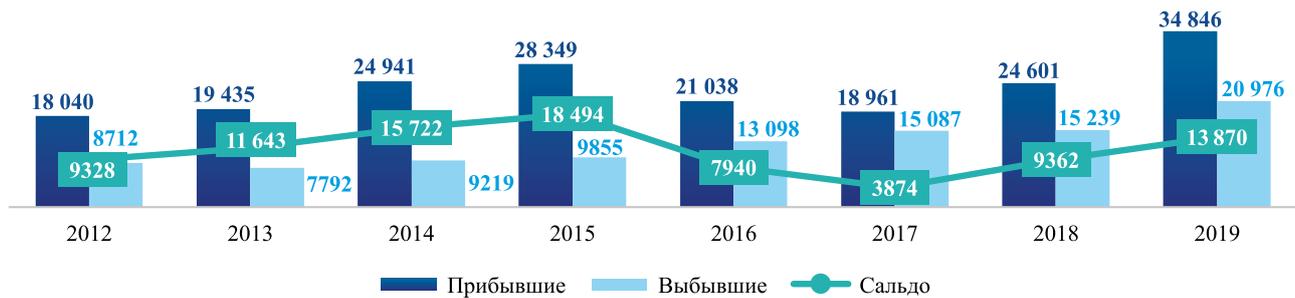


Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

## ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь<sup>12</sup>, в период 2012-2019 гг. число прибывших в Беларусь лиц превышало количество выбывших из страны лиц, о чем свидетельствует положительное миграционное сальдо. Так, в период 2012-2015 гг. сальдо демонстрировало рост, увеличившись с 9,3 тыс. человек в 2012 году до 18,5 тыс. человек в 2015 году. Последующий период 2016-2017 гг. характеризуется снижением размера положительного сальдо. По последним доступным в статистике годам число прибывших возросло до 34,8 тыс. человек в 2019 году, показатель выбывших из страны составил 21,0 тыс. человек.

График 14 Динамика миграционных потоков в Республике Беларусь, человек



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В структуре численности прибывших в Республику Беларусь лиц неизменно наибольшую долю составляют лица, прибывшие из стран СНГ, их доля составляет порядка 65-80% в период 2012-2019 гг. После достижения мигрантами из стран СНГ в 2014 году доли 80%, наблюдается ее снижение, несмотря на рост числа таких мигрантов в количественном выражении (CAGR 8%). В результате, в 2015 году удельный вес числа прибывших из стран СНГ составил 79%, а в 2019 году – 65%.

График 15 Динамика миграционных потоков в Республике Беларусь по странам, человек



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Число прибывших в период 2012-2019 гг. превышает число выбывших из Республики Беларусь приблизительно в 2 раза. В структуре выбывших из страны также преобладают граждане, выбывшие в страны СНГ, их доля составляет порядка 62-75% от совокупного числа лиц, выбывших из Республики Беларусь. Несмотря на рост в количественном выражении числа лиц, выбывших в страны СНГ, о чем свидетельствует CAGR +10% в период 2012-2019 гг., доля выбывших из Беларуси в страны СНГ характеризуется спадом. Так, в 2012 году удельный вес этой категории лиц составлял 75%, в 2019 году – 62%. Таким образом, до 2019 года отмечалась тенденция выезда из Республики Беларусь в страны вне СНГ.

<sup>12</sup> Ввиду закрытия статистических данных в Национальном статистическом комитете Республики Беларусь по миграционным потокам в Республике Беларусь, данные в анализе приводятся до 2019 года включительно.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

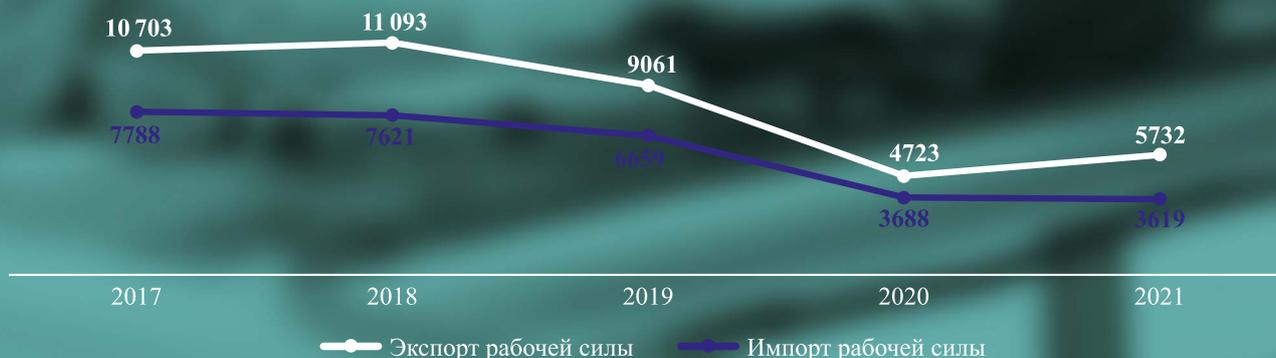
## ОСОБЕННОСТИ ТРУДОВЫХ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Анализ особенностей трудовых миграционных потоков Республики Беларусь был основан на исследовании, опубликованном в 2022 году представительством Международной организации по миграции в Беларуси, целостной оценки текущих стратегий экономического развития, трудовой миграции и денежных переводов в Республике Беларусь на основе данных МВД Республики Беларусь.

В основу анализа в указанном исследовании были положены сведения ведомственного учета МВД Беларуси, а также статистика Евразийской экономической комиссии и компетентных органов стран ближнего зарубежья, наиболее популярных у белорусских граждан для выезда на работу.

Исходя из имеющихся в этих источниках данных, в 2017 г. численность выезжающих белорусских граждан на основе подписанных договоров и контрактов превышала 10 тыс. чел., однако к концу 2021 г. она снизилась в два раза, что обусловлено пандемией COVID-19 и связанными с ней ограничениями.

График 17 Соотношение выехавших и возвратившихся трудящихся эмигрантов за 2017-2021 гг., человек



Источник: МВД Республики Беларусь, 2022

## ИМПОРТ РАБОЧЕЙ СИЛЫ

Согласно докладу Представительства Международной организации по миграции в Беларуси «Целостная оценка текущих стратегий экономического развития, трудовой миграции и денежных переводов в Республике Беларусь», в период 2017-2021 гг. в страну прибыли трудовые иммигранты более чем из 80 стран мира. Топ 10 стран-доноров, граждане которых обязаны получить специальное разрешение для работы в Беларуси, в этот период включал Украину, Китай, Узбекистан, Турцию, Азербайджан,

Литву, Грузию, Туркменистан, Латвию и Республику Молдова. Странами-лидерами, граждане которых освобождены от разрешительных для трудоустройства в Беларуси документов, являлись Российская Федерация и Казахстан.

Лидерство таких стран, как Китай, Российская Федерация и Турция обусловлено тем, что данными странами осуществлялись в этот период крупные инвестиционные проекты на территории Беларуси, которые требуют нахождения и выполнения работ, в том числе, силами своих граждан.

Трудовые иммигранты занимали в период 2017-2021 гг. преимущественно рабочие специальности, второй группой следовали квалифицированные работники и специалисты, также иностранцы приезжали трудиться в сфере обслуживания, торговли, в сельскохозяйственном секторе.

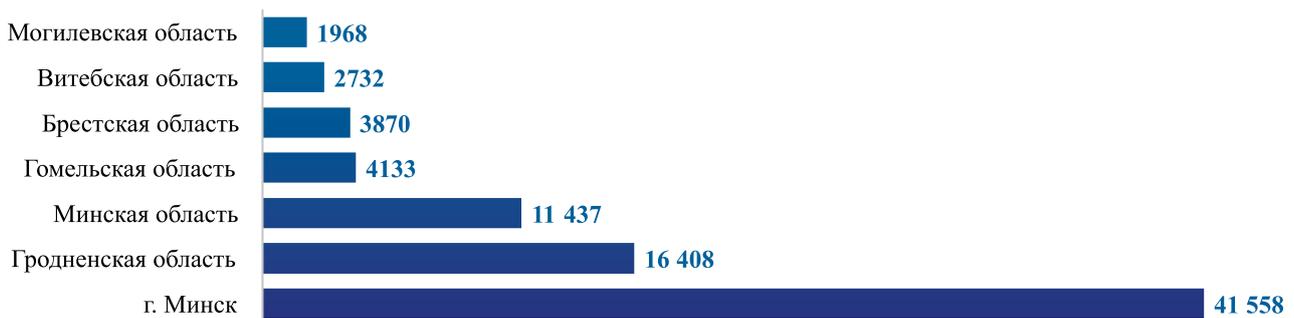
График 18 Структура трудящихся-иммигрантов по роду деятельности за 2017-2021 гг., %



Источник: МВД Республики Беларусь, 2022

В региональном разрезе по привлекательности для въезда на работу лидирует город Минск (всего за 5 лет въехало 41 558 иностранных работников), далее в связи со строительством Белорусской атомной электростанции следовала Гродненская область (16 408 иностранцев).

График 19 Численность трудящихся-иммигрантов по регионам и г. Минску в 2017-2021 гг., человек



Источник: МВД Республики Беларусь, 2022

## ЭКСПОРТ РАБОЧЕЙ СИЛЫ

Ведомственный учет МВД Беларуси охватывает лишь лиц, выехавших при содействии лицензиатов трудовых эмигрантов. Основная же масса белорусских граждан, как правило, выезжают из страны самостоятельно. Таким образом, посчитать точное количество выехавших из Беларуси лиц является затруднительным, особенно в свете отсутствия соответствующей статистики в Национальном статистическом комитете.

лярной страной трудоустройства у белорусов оставалась Российская Федерация (всего при содействии лицензиатов в этом направлении выехало 19 456 чел.), далее следовала Польша (10 202 чел.), Литва (5 879 чел.), Чехия (1 705 чел.), США (1 266 чел.). В целом, география партнеров лицензиатов охватывает более 20 стран. За последние годы был открыт и восточный сектор для эмигрантов. Так, в период 2017-2021 гг. из Республики Беларусь граждане выезжали в такие страны, как Катар, Китай, Республика Корея, Объединенные Арабские Эмираты, Сингапур, Таиланд и Япония.

На международном рынке труда востребованы белорусские трудящиеся-эмигранты рабочих специальностей, работники сферы обслуживания, торговли, сельскохозяйственной сферы. Исходя из данных, опубликованных представительством Международной организации по миграции в Беларуси, с белорусского рынка труда больше всего выезжает население рабочих специальностей.

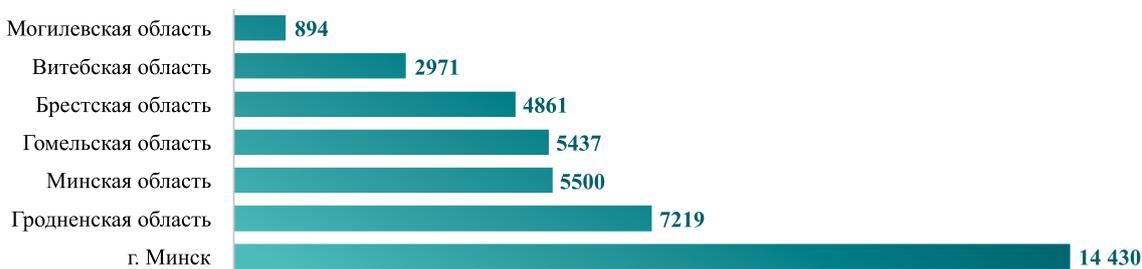
График 20 Структура трудящихся-эмигрантов из Республики Беларусь по роду деятельности за 2017-2021 гг., %



Источник: МВД Республики Беларусь, 2022

В региональной структуре больше всего трудящихся выезжает из города Минска (за 5 лет выехало 14 430 человек), далее может быть выделена Гомельская область (7 219 человек).

График 21 Численность трудящихся-эмигрантов по регионам и г. Минску в 2017-2021 гг., человек



Источник: МВД Республики Беларусь, 2022

# ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РЫНОК ТРУДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Рынок труда Республики Беларусь представляет собой динамичный ландшафт, характеризующийся несколькими ключевыми тенденциями, наблюдаемыми как в численности занятого населения, так и в динамике номинальной начисленной заработной платы. В период 2012-2022 гг. наблюдается заметное снижение численности занятого населения, сопровождающееся устойчивой положительной динамикой номинальной начисленной среднемесячной заработной платы. Несмотря на региональные различия, в том числе более высокий уровень оплаты труда в Минске, общая динамика отражает устойчивый рост заработной платы по всей стране. Детальный анализ выявляет сезонные и ежегодные колебания в динамике заработной платы, а также существенные различия в уровне оплаты труда в различных секторах национальной экономики. Сельскохозяйственный сектор по среднему уровню оплаты труда уступает машиностроению и строительству. Наиболее высокий уровень оплаты труда в Республике Беларусь характерен для сектора информационных технологий.

## ЧИСЛЕННОСТЬ ЗАНЯТОГО НАСЕЛЕНИЯ

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь уровень занятости населения<sup>13</sup> в целом по стране варьируется в пределах 67-68% в период 2014-2022 гг., что свидетельствует о достаточно высоком уровне занятости. После снижения показателя в 2016 году в последующие годы наблюдается положительная динамика. Так, по результатам 2022 года уровень занятости вырос до 67,7% с 67,3% в 2021 году. В Гродненской и Минской областях и в городе Минске наблюдается уровень занятости выше, чем в среднем по стране (порядка 68-70%). Наименьший уровень занятости характерен для Гомельской области (порядка 64-66%).

График 22 Уровень занятости населения по Республике Беларусь и областям  
(по данным выборочного обследования домашних хозяйств), %



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

<sup>13</sup> Уровень занятости населения (по данным выборочного обследования домашних хозяйств) – это отношение численности занятого населения к общей численности населения, основанное на несплошном государственном статистическом наблюдении.

Для мужчин по Республике Беларусь в период 2014-2022 гг. отмечен более высокий уровень занятости, чем среди женщин, среднее значение составляет 71,3% (медианное значение – 71,4%). Среднее значение уровня занятости среди женщин по Республике Беларусь в тот же период составляет 64,2% (медианное значение – 64,1%). После снижения уровня занятости населения в 2016 году уровень занятости среди мужчин характеризовался положительной динамикой, когда среди женщин показатель оставался стабильным и находился на одном уровне.

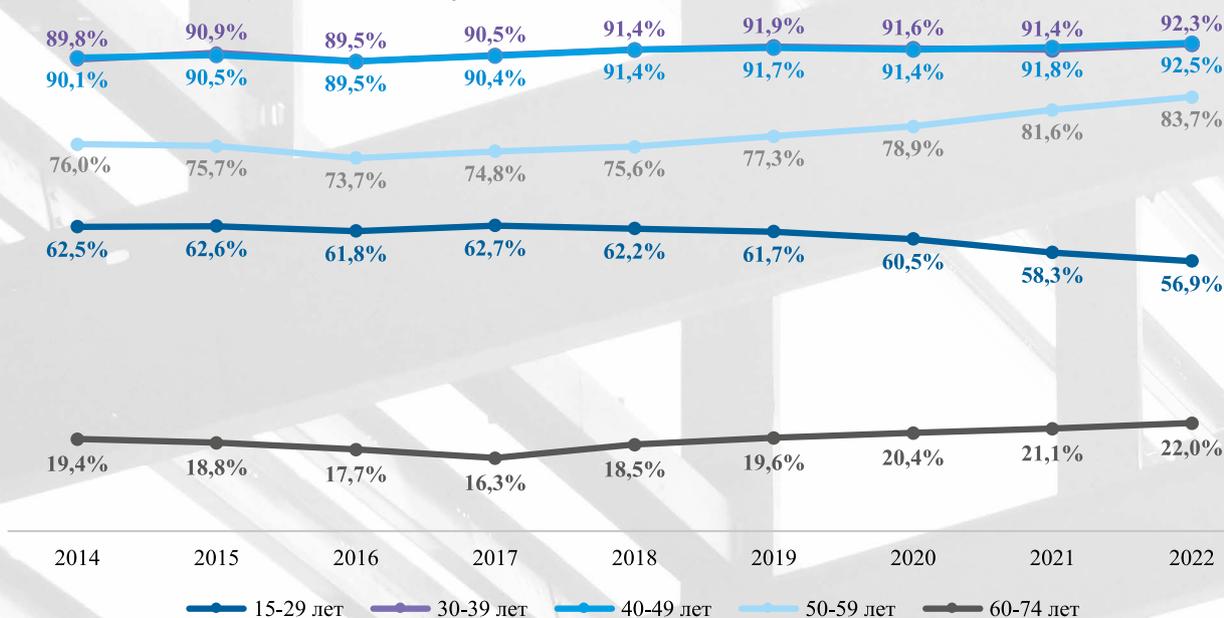
График 23 Уровень занятости населения по Республике Беларусь по полу (по данным выборочного обследования домашних хозяйств), %



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Исходя из данных Национального статистического комитета по уровню занятости населения по возрасту, наибольшее количество занятого населения наблюдается в возрасте 30-49 лет, и в период 2014-2022 гг. данный показатель находился на одном уровне. Выраженный положительный тренд по уровню занятости демонстрирует население в возрасте от 50 до 59 лет, в то время как отрицательный тренд наблюдается в занятости населения в возрасте от 15 до 29 лет.

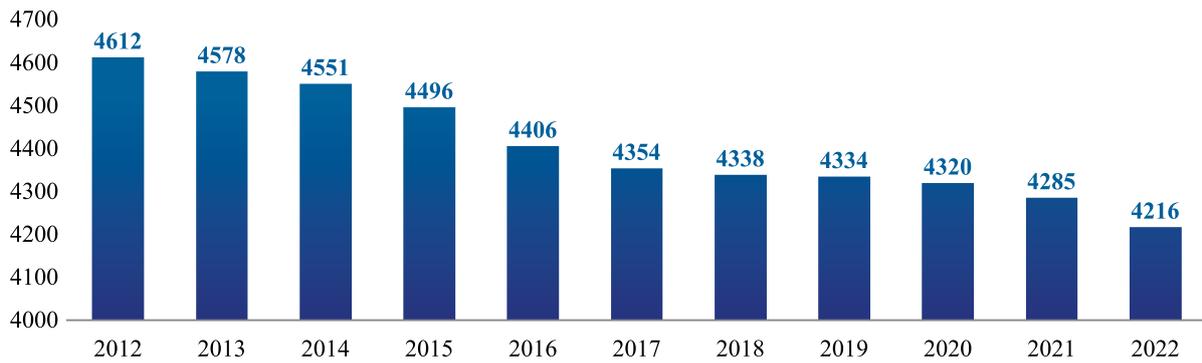
График 24 Уровень занятости населения по Республике Беларусь по возрасту (по данным выборочного обследования домашних хозяйств), %



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Исходя из данных Национального статистического комитета Республики Беларусь, динамика численности занятого населения в абсолютном выражении в период 2012-2022 гг. ежегодно снижалась, о чем свидетельствует рассчитанный CAGR в размере -0,9%, в абсолютном выражении совокупное сокращение числа занятых составило 475 тыс. человек.

График 25 Динамика занятого населения по Республике Беларусь за 2012-2022 гг., тыс. человек

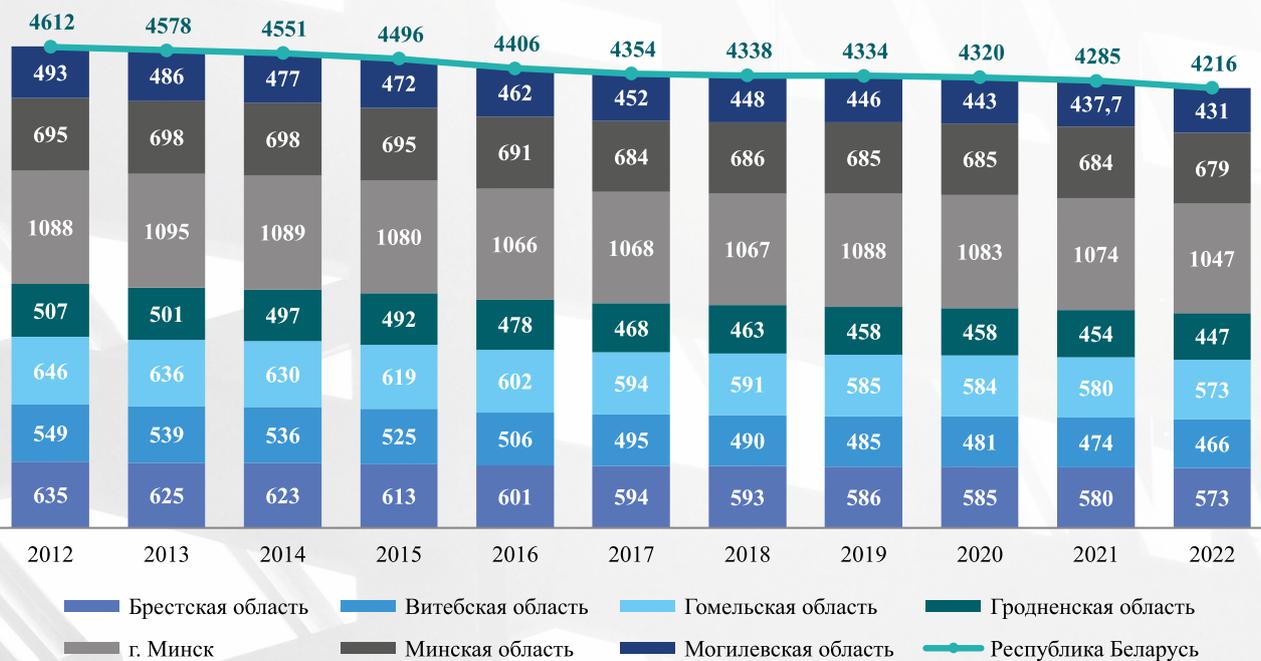


Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Исходя из отрицательной динамики общей численности занятого населения, что обусловлено объективными демографическими факторами, описанными в Приложении 1, растет доля занятого населения возрасте от 50 до 59 лет, в то время как отрицательный тренд наблюдается в занятости населения в возрасте от 15 до 29 лет. Таким образом, отмечается важность развития обучения и возможности переподготовки кадров в течение всей жизни и более активного вовлечения в экономику населения в пожилом возрасте.

Город Минск характеризуется наибольшей численностью занятого населения – 24% от общего количества занятого населения в стране в период 2012-2016 гг., с ростом до 25% в последующие годы 2017-2022 гг. Растущую долю в структуре занятого населения также демонстрирует Минская область, доля которой увеличивается с 15% в период 2012-2015 гг. до 16% в последующие годы. В абсолютном выражении в Минске и Минской области, как и в целом по стране, наблюдался спад численности занятого населения на 51 тыс. чел. и 16 тыс. чел. соответственно. Снижающейся долей в общей структуре занятости характеризуется Витебская (с 12% в 2012-2015 гг. до 11% в 2016-2022 гг.) и Могилевская области (с 11% в 2012-2013 гг. до 10% в 2014-2022 гг.).

График 26 Динамика занятого населения в среднем за период по областям в Республике Беларусь, тыс. человек

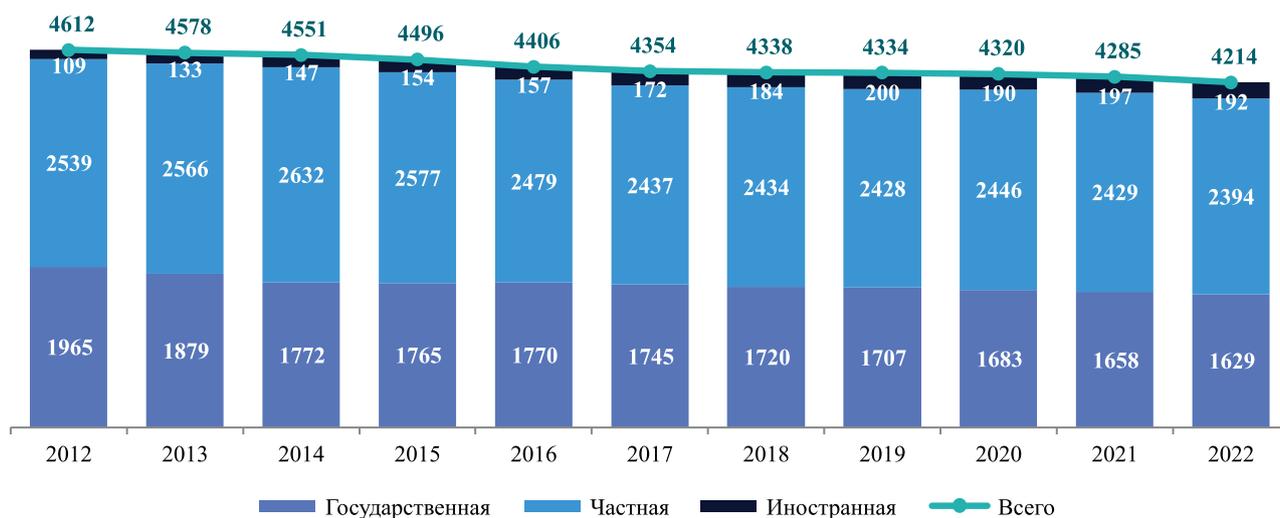


Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

По данным Национального статистического комитета в период 2012-2022 гг. в структуре численности занятого населения несколько преобладают организации частной формы собственности, доля которых ва-

рьюруется в пределах 55-58% от совокупного числа занятого населения (в 2012 г. – 55%, в 2022 г. – 57%). Ввиду снижения общей численности занятого населения, в количественном выражении как по частной, так и государственной собственности наблюдается спад на 143 тыс. чел. и на 427 тыс. чел. соответственно за весь период 2012-2022 гг. Таким образом, за последние 10 лет численность занятого населения в организациях государственной формы собственности сократилась практически в три раза больше по организациям государственной формы собственности. Удельный вес иностранной формы собственности не значителен и растет с 3% в 2012 году до 5% по итогам 2022 года. При этом в абсолютном выражении также наблюдается рост занятого населения в организациях с иностранной формой собственности за весь период 2012-2022 гг. на 93 тыс. человек.

График 27 Занятое население в среднем за период по формам собственности по Республике Беларусь, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Динамика уровня безработицы по данным Национального статистического комитета, начиная с 2016 года, характеризуется снижением с 5,8% в 2016 году до 3,5% по итогам 2023 года. По итогам 2023 года безработица среди женщин составила 2,9%, среди мужчин – 4,1%. В Беларуси наблюдается самый низкий показатель безработицы сред стран ЕАЭС. Наибольшее количество безработного населения отмечено для возраста 15-29 лет как у мужчин, так и у женщин.

Более детально была проанализирована динамика численности занятого населения в отраслях сельского хозяйства (растениеводство и животноводство, охота и предоставление услуг в этих областях), строительства (строительство зданий, гражданское строительство и специальные строительные работы) и машиностроения (производство транспортных средств и оборудования, производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки, производство прочих готовых изделий, ремонт, монтаж машин и оборудования).

Все вышеперечисленные отрасли характеризуются отрицательной динамикой численности занятого населения, о чем свидетельствуют рассчитанные отрицательные среднегодовые темпы прироста (CAGR). Так, наибольшее снижение численности занятого населения в период 2012-2022 гг. в абсолютном выражении отмечено в отрасли строительства (на 151 тыс. человек), а также в сельском хозяйстве (на 116 тыс. человек), в машиностроении численность занятого населения за последние 10 лет сократилась чуть менее выражено – на 62 тыс. человек.

Из всех трех рассмотренных секторов экономики, наибольшее количество занятого населения наблюдается в отрасли сельского хозяйства (313 тыс. человек на 2022 год, что составляет порядка 7% от общего количества занятых в стране), в секторе строительства численность занятого населения составила – 256 тыс. человек, что составляет порядка 6% от общего количества занятых в стране, в секторе машиностроения – 227 тыс. человек, что составляет порядка 5% от общего количества занятых в стране.

График 28 Занятое население в среднем за период по видам экономической деятельности по Республике Беларусь, тыс. человек



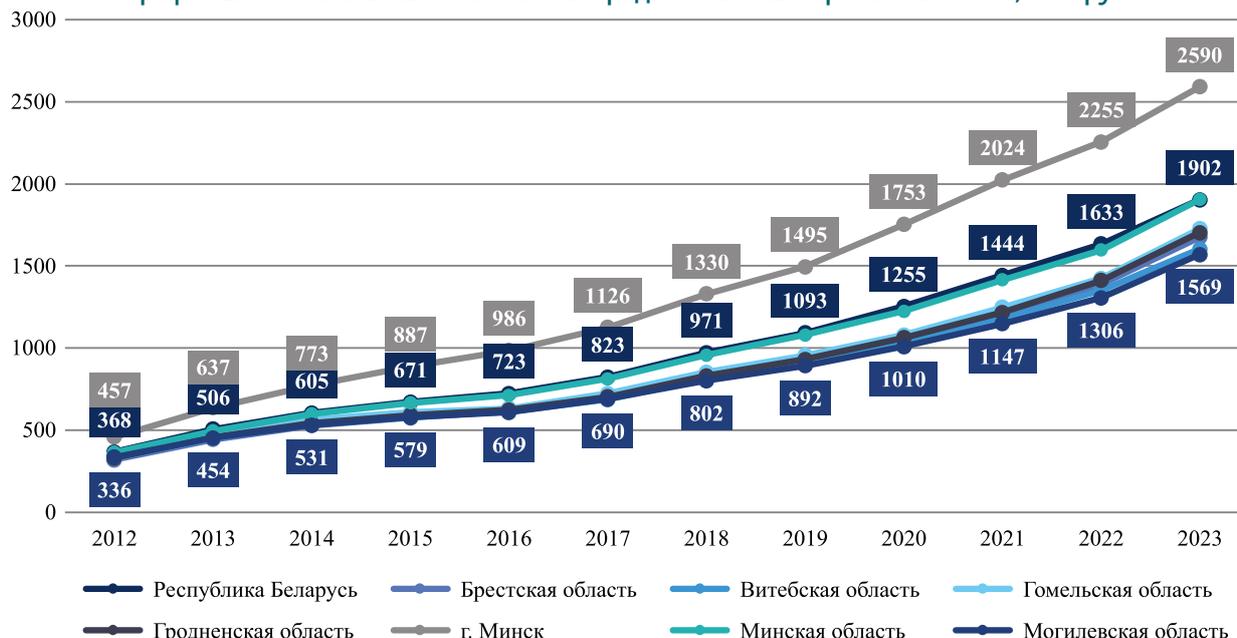
Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Таким образом, несмотря на отрицательную динамику численности занятого населения в период 2012-2022 гг., анализируемые отрасли остаются важными для занятости и экономической активности в стране. Сельское хозяйство является крупнейшим работодателем среди трех отраслей, на долю которого в 2022 году придется около 7 % от общей численности занятого населения. Строительство и машиностроение также играют важнейшую роль, в них занято около 6 % и 5 % от общей численности рабочей силы, соответственно. Несмотря на такие проблемы, как сокращение числа занятых по стране, эти отрасли продолжают вносить вклад в экономический рост, развитие инфраструктуры и промышленного производства в Беларуси.

## УРОВЕНЬ ОПЛАТЫ ТРУДА

Динамика номинальной начисленной среднемесячной заработной платы в 2012-2023 гг. характеризуется положительным трендом как по Республике Беларусь (CAGR 16%), так и по отдельным областям и городу Минску. Если номинальная начисленная среднемесячная заработная плата по стране в 2012 году составила 367,6 руб., то с ежегодным ростом порядка 16% по итогам 2023 года показатель составил уже 1 902,3 руб. Наибольший уровень номинальной начисленной среднемесячной заработной платы, коррелирующий с общим показателем по стране, наблюдается в городе Минске. Так в 2012 году показатель по городу Минску составил 457,5 руб., в 2023 году – 2 590,3 руб. (сопоставимый с динамикой средней заработной платы по стране CAGR в размере 17%). В свою очередь, в Могилевской области отмечена наименьшая номинальная начисленная среднемесячная заработная плата в 2012-2023 гг. (в 2012 году – 335,6 руб., в 2023 году – 1 569,4 руб.).

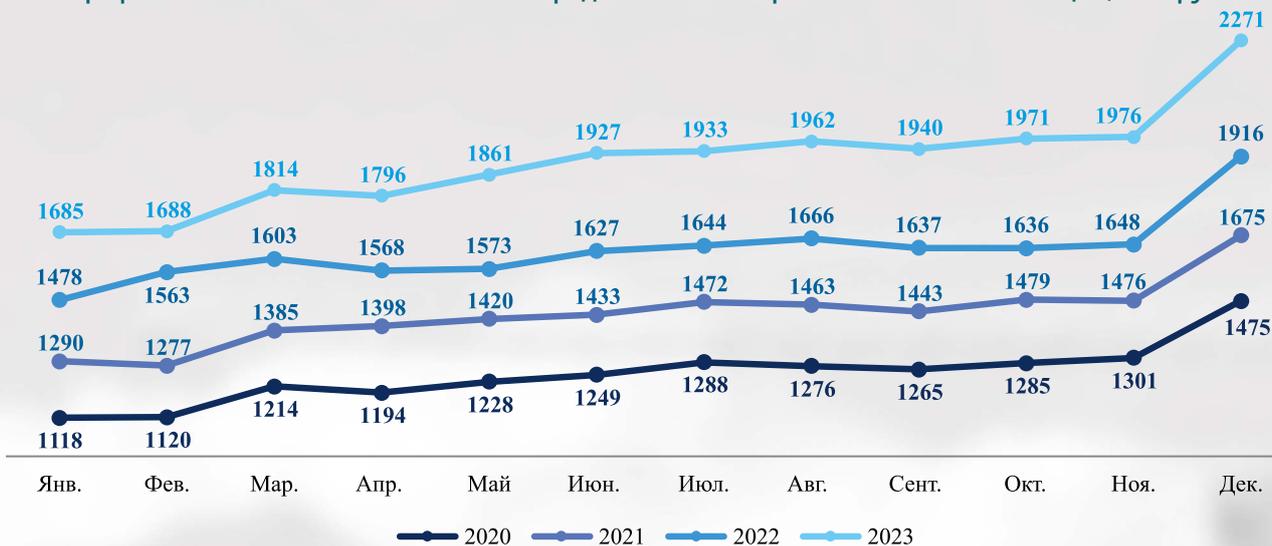
График 29 Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата, бел. руб.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Более детальный анализ динамики номинальной начисленной среднемесячной заработной платы по месяцам в период 2020-2023 гг. показывает ежегодный существенный прирост данного показателя по результатам декабря, что отражает специфику начисления заработной платы в стране.

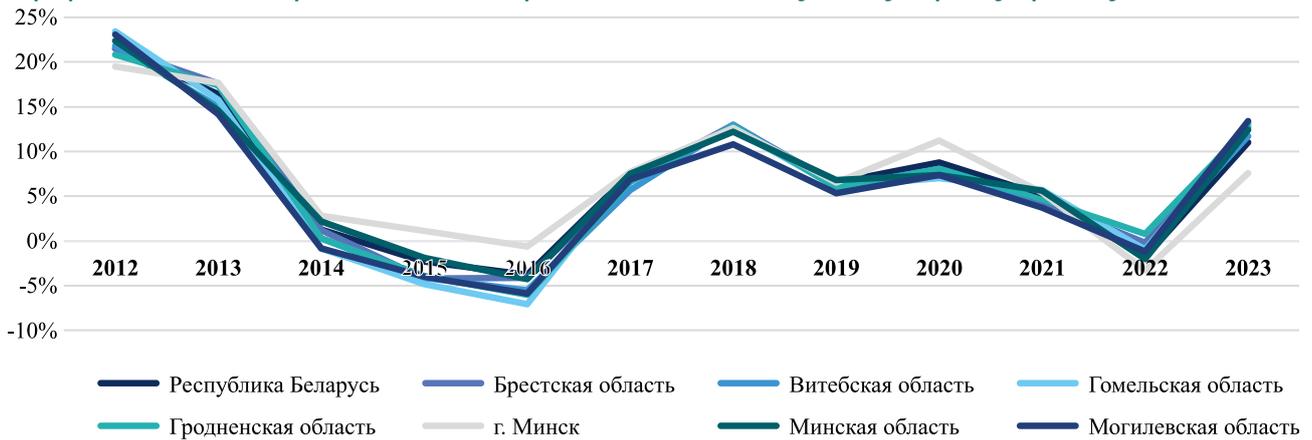
График 30 Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата по месяцам, бел. руб.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Динамика реальной заработной платы (в процентах к соответствующему периоду предыдущего года) отражает инфляционные и девальвационные тренды в экономике. В период макроэкономического спада реальная заработная плата в стране также снижалась (2015-2016 гг. и 2022 г.), замедление темпов развития экономики, и ее более активное развитие также соответствующим образом отражались и на динамике реальной заработной платы.

График 31 Реальная заработная плата в процентах к соответствующему периоду предыдущего года, %



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В 2016-2023 гг. динамика номинальной начисленной среднемесячной заработной платы в каждой из ключевых анализируемых отраслях характеризовалась положительным трендом. Несмотря на наибольшее количество занятых в отрасли сельского хозяйства, номинальная начисленная заработная плата в этом секторе находится на уровне ниже по сравнению с другими секторами. Так, по итогам 2023 года размер средней номинальной заработной платы в секторе сельского хозяйства составил порядка 1500 руб. Производство транспортных средств и оборудования по результатам 2023 года характеризуется наиболее высоким средним уровнем оплаты труда – 2140 руб., сектор строительства характеризуется сопоставимым с машиностроением показателем – 2088 руб.

График 32 Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата по ключевым отраслям в Республике Беларусь, бел. руб



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ОСОБЕННОСТИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ПИЛОТНЫХ СЕКТОРАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сельское хозяйство является важнейшей отраслью национальной экономики Республики Беларусь, обеспечивающей продовольственную безопасность и существенный экспортный потенциал. Так, доля сельского хозяйства в ВВП страны в 2022 году составила 7,7%, а численность занятого в сельском хозяйстве населения в общей численности занятых по стране – 7,0%. Доля поставок сельхозпродукции в общем объеме экспорта (включая продукты переработки) составила более 20%, что подтверждает важнейшую роль отрасли для экономики Беларуси.

Сельское хозяйство Беларуси в равной степени представлено отраслями растениеводства и животноводства – их вклад в общий объем производства сельскохозяйственной продукции практически идентичен с некоторым преобладанием животноводства. Так, в производстве продукции сельского хозяйства в 2022 году продукция животноводства составила 52,1%, продукция растениеводства – 47,9%. Оба направления сельского хозяйства тесно связаны – на нужды кормопроизводства в Беларуси используется 43,4% сельскохозяйственных угодий. На кормовые цели, кроме зерновых культур, возделываются многолетние и однолетние травы, кукуруза, корнеплоды.

Основные виды продукции растениеводства в Беларуси: зерновые и зернобобовые культуры (без кукурузы), сахарная свекла, рапс, картофель, овощи открытого грунта. Основу зернового хозяйства республики составляют такие культуры, как пшеница озимая и яровая, тритикале, ячмень, рожь, кукуруза на зерно, овес, которые в структуре зернового клина занимают порядка 90,8%.

Особенностью белорусского сельского хозяйства является доминирование в отрасли государства – доля подконтрольных государству предприятий в секторе составляет порядка 70-80% от общего выпуска сельскохозяйственной продукции, 70-80% от капитальных вложений в отрасли и около 80% от общего количества занятых.

Значительные объемы государственной поддержки предоставляются участникам рынка в различных формах – субсидии, надбавки, льготное кредитование, реструктуризация и иные формы государственной под-

держки, которые направляются преимущественно субъектам государственной формы собственности. Основными средствами косвенной государственной поддержки, утвержденными перечнем законодательных актов, являются льготное налогообложение, предоставление гарантий по кредитам, реструктуризация задолженности, осуществление закупок и переработки продукции для государственных нужд.

Для отрасли характерна довольно высокая инвестиционная активность – постоянно заявляются и реализуются инвестиционные проекты, связанные как с модернизацией, так и реализацией гринфилд-проектов. Крупнейшим гринфилд-проектом в 2022 г. стал проект создания Белорусской национальной биотехнологической корпорации (получение незаменимых аминокислот для производства и выхода на местный и экспортный рынки высокопродуктивных, сбалансированных комбикормов и премиксов).

Количество сельскохозяйственных организаций в период 2016-2022 гг. находилось практически на одном уровне с незначительными колебаниями на протяжении анализируемого периода. Всего за период 2016-2022 гг. количество сельскохозяйственных организаций снизилось лишь на 1 единицу, несмотря на более существенные колебания в течение данного периода. В целом, структура отрасли сформирована, и динамика численности организаций связана скорее с организационно-правовыми решениями, связанными с укрупнением или разукрупнением имеющих хозяйств.

Несмотря на доминирование в отрасли предприятий государственной формы собственности, частный бизнес также активно развивается – количество крестьянских (фермерских) хозяйств ежегодно увеличивалось и в совокупности за период 2016-2022 гг. возросло на 844 единицы. Также, в отрасли активно развиваются сервисные компании, которые предлагают различные услуги для сельскохозяйственных организаций, направленные на повышение эффективности производственных процессов (технологии точного земледелия, производство и применение органических удобрений и иные услуги).

По результатам 2022 года объем произведенной продукции в сельском хозяйстве составил 31 845 млн рублей, наибольшую долю обеспечили сельскохозяйственные организации (76%). В структуре продукции по сельскохозяйственным организациям наибольший удельный вес в 2022 году заняла продукция животноводства (66%), тогда как доля продукции растениеводства составила 34%. Доля крестьянских (фермерских) хозяйств в совокупном объеме производства составила около 3% в 2022 году. В структуре продукции по крестьянским (фермерским) хозяйствам наибольший удельный вес в 2022 году заняла продукция растениеводства (92%).

График 33 Число сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств на конец года, единиц



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, наблюдается ежегодное снижение показателя численности занятого населения в сельском хозяйстве, о чем свидетельствует среднегодовой темп прироста (CAGR), равный -3%. В абсолютном выражении за 2016-2022 гг. численность занятых в сельском хозяйстве снизилась на 51,9 тыс. человек. Соответственно, доля занятых в сельском хозяйстве в республиканской численности занятых за этот период снизилась на 0,9 п.п., что указывает на более высокий темп снижения численности занятых в сельском хозяйстве по сравнению со снижением числа занятых в целом в экономике. Такая динамика обусловлена как повышением эффективности и интенсивности ведения сельского хозяйства, так и объективными демографическими и социально-экономическими факторами. Таким образом, численность занятых в отрасли ежегодно снижается, что создает долгосрочные риски дефицита трудовых ресурсов в секторе, особенно принимая во внимание фактор урбанизации.

**График 34** Динамика списочной численности работников, занятых в сельском хозяйстве, в среднем за год по Республике Беларусь



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Влияние фактора интенсификации сельского хозяйства подтверждается анализом динамики производительности труда – объем производства сельскохозяйственной продукции на одного работника в период 2016-2022 гг. ежегодно увеличивается (CAGR 16%). За последние 7 лет показатель возрос в 2,5 раза с 43,1 тыс. руб. в 2016 году до 105,7 тыс. руб. в 2022 году.

**График 35** Производительность труда в сельском хозяйстве на одного работника, руб.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Для динамики номинальной начисленной среднемесячной заработной платы в период 2016-2022 гг. отмечена положительная тенденция, о чем свидетельствует CAGR в 16%. Так, за последние 7 лет анализируемый показатель увеличился в 2,4 раза с 493 руб. в 2016 году до 1 200 руб. по результатам 2022 года. Однако анализ динамики реальной заработной платы показывает, что темп роста оплаты труда в 2021 и 2022 годах замедлился и в реальном выражении составляет около 4% (тогда как номинальная начисленная среднемесячная заработная плата в 2022 году выросла на 20% в сравнении с 2021 годом).

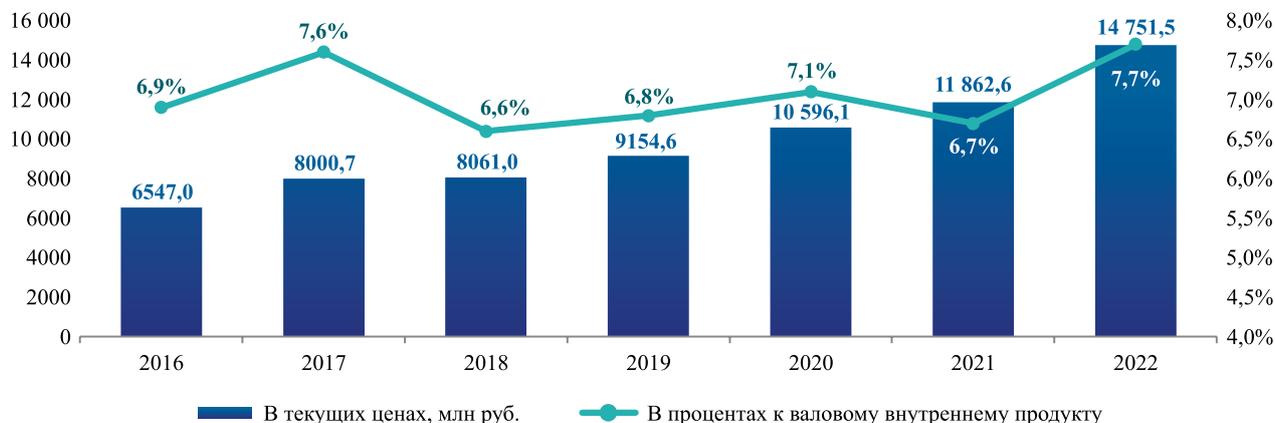
**График 36** Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата и реальная заработная плата в процентах к предыдущему году работников, занятых в сельском хозяйстве



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Валовая добавленная стоимость, создаваемая в сельском хозяйстве в Республике Беларусь, характеризуется положительной динамикой с CAGR в 14% с 2016 года. Удельный вес валовой добавленной стоимости сельского хозяйства в ВВП страны составляет в среднем 7,1% в 2016-2022 гг., что подтверждает важность рассматриваемого сектора для экономического развития страны.

График 37 Валовая добавленная стоимость сельского хозяйства и отношение к валовому внутреннему продукту



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Ежегодно в период 2016-2022 гг. увеличиваются инвестиции в основной капитал в сельском хозяйстве. Так, за последние 7 лет совокупный размер инвестиций увеличился в 2,4 раза с 1,7 млрд руб. в 2016 году до 4,1 млрд руб. в 2022 году. Доля инвестиций в основной капитал в сельское хозяйство в совокупном объеме инвестиций по Республике Беларусь после спада в 2018 году также демонстрирует ежегодный рост. В среднем, удельный вес инвестиций в основной капитал в сельском хозяйстве за период 2016-2022 гг. в совокупном объеме инвестиций в экономике составил 11,1%.

График 38 Инвестиции в основной капитал в сельское хозяйство по Республике Беларусь



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Производство сельскохозяйственной продукции на душу населения в Беларуси соответствует уровню развитых стран и по многим позициям превышает показатели, достигнутые в странах СНГ. Белорусский продовольственный сектор полностью обеспечивает внутренние потребности населения в продуктах питания и при этом имеет существенный экспортный потенциал.

К числу крупнейших игроков белорусского сектора сельского хозяйства отнесены следующие сельскохозяйственные организации: Агропромышленный холдинг Управления делами Президента

Республики Беларусь (растениеводство, животноводство), ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» (растениеводство, животноводство), ОАО «Агрокомбинат «Скидельский» (растениеводство, животноводство), ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» (растениеводство, животноводство), ОАО «Птицефабрика «Дружба» (животноводство), ОСП «Тепличное хозяйство» ОАО «ДорОрс» (растениеводство), ОАО «Беловежский» (животноводство), ОАО «1-я Минская птицефабрика» (животноводство), УП «Минский парниково-тепличный комбинат» (растениеводство), ЗАО «Агрокомбинат Несвижский» (растениеводство, животноводство), ОАО «Минскоблагросервис», Группа компаний «Серволюкс» и многие другие.

Белорусские ученые внедряют инновации в сельское хозяйство, создавая комплексную систему землепользования, направленную на повышение эффективности использования пахотных земель, фитосанитарию сельскохозяйственных культур и сохранение плодородия почв. Их достижения распространяются на комбинированные способы обработки почвы в севообороте, что позволяет оптимизировать сельскохозяйственные процессы и минимизировать расход топлива. Стремясь к интенсификации посевов, особенно ярового и озимого рапса, исследователи разработали передовые технологии, обеспечивающие оптимальное производство семян на гектар. Аналогичные прорывы были достигнуты в выращивании кукурузы на зерно и силос, а также в выращивании льна-долгунца и картофеля, причем усовершенствованные технологии хранения обеспечивают повышенную безопасность и полную автоматизацию. Кроме того, достижения в области животноводства, а также инновационные методы формирования и использования кормовой базы подчеркивают стремление Беларуси к сельскохозяйственному прогрессу и устойчивому развитию.

Технологии точного земледелия меняют традиционные методы ведения сельского хозяйства, повышая эффективность и производительность при одновременном снижении затрат. Белорусская компания ООО «Технологии земледелия» является одним из лидеров в продвижении методов и принципов точного земледелия в Республике Беларусь, сотрудничая с крупнейшими хозяйствами страны. ООО «Технологии земледелия» предлагает комплексные решения от подготовки земли до сбора урожая, а также активно разрабатывает цифровые решения для управления сельским хозяйством. Эти решения обеспечивают точное управление сельскохозяйственной техникой, целенаправленное внесение материалов, эффективное орошение и точный мониторинг урожая.

Компания OneSoil, изначально основанная в Беларуси, также предлагает технологии, помогающие фермерам следить за полями и повышать урожайность. Продукт OneSoil состоит из приложения OneSoil, программы OneSoil Yield и OneSoil Global Analytics. OneSoil Yield – это платформа для оптимизации сельскохозяйственных ресурсов и улучшения урожайности. Программа определяет подходящие для точного земледелия поля, рассчитывает для них зоны продуктивности, создаёт карты для дифференцированного внесения с контрольными полосами и анализирует урожайность. OneSoil Global Analytics определяет алгоритмы работы платформы на основе собственных модулей машинного обучения.

Базовые сельскохозяйственные организации по всей стране постепенно оснащаются технологиями точного земледелия, передовые информационные технологии все активнее внедряются в сельскохозяйственную практику. Активно внедряют современные методы ведения хозяйства, основанные на современных технологиях и цифровых продуктах, также и наиболее успешные частные хозяйства.

Белорусские машиностроители со своей стороны осуществляют разработку и выпуск техники, оснащенной элементами системы точного земледелия. Например, разбрасыватели минеральных удобрений (ОАО «Щучинский ремонтный завод»), трактор «Беларус-3522» с бортовым компьютером управления, трактор «Беларус-4522» с системой управления «Автопилот» (ОАО «Минский тракторный завод»), опрыскиватели РОСА и ОВС-4224 с системой дифференцированного внесения КАС на основе карты поля, зерноуборочные комбайны КЗС-2124 с системой мониторинга урожайности (ОАО «Гомсельмаш»).

Белорусская компания ООО «Скарб-БИО» занимается внедрением инновационных технологий в агропромышленном комплексе, уделяя особое внимание животноводству и растениеводству. Являясь филиалом Института повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного

комплекса, компания тесно сотрудничает с ведущими агропромышленными предприятиями и научно-исследовательскими институтами. Используя спектральный анализ в партнерстве с голландской компанией Eurofins Agro, «Скарб-БИО» помогает сельскохозяйственным предприятиям увеличить производство молока за счет анализа травяных кормов и рационов крупного рогатого скота. Кроме того, компания предлагает программу Cropwise Operations, позволяющую фермерам оптимизировать растениеводческую деятельность с помощью данных о состоянии почвы и посевов, работе техники и прогнозов погоды в режиме реального времени. Эта комплексная система улучшает процесс принятия решений, минимизирует потери и увеличивает урожайность, предоставляя информацию об оптимальных методах обработки почвы и внесения удобрений.

ООО «Белинтерген», работающее с 2003 года, специализируется на разведении племенных животных и оказании консультационных услуг, в частности, в области репродуктивных биотехнологий. Компания играет важную роль в аграрном секторе Беларуси, производя молоко в промышленных масштабах и предлагая племенную экспертизу сельскохозяйственным предприятиям. Ориентируясь на голштинскую породу, они могут производить до 10 телят в год и достигать среднего надоя около 30 литров на корову в год. Кроме того, «Белинтерген» предоставляет постоянные консультации и строит на своей территории современный доильно-молочный блок.

Агродрон, разработанный ЗАО «Авиационные технологии и комплексы», — первый серийно выпускаемый в СНГ аппарат такого рода, предназначенный для внесения удобрений и средств защиты растений. В 2022 году агродрон компании обработал тысячу гектаров полей, работая круглосуточно и покрывая 8-10 гектаров в час. Этот беспилотник может обрабатывать такие культуры, как кукуруза и подсолнечник, более эффективно, чем наземные опрыскиватели, обеспечивая равномерное нанесение препаратов с помощью мелкодисперсного тумана. Кроме того, он работает в паре с мультиспектральной камерой, позволяя фермерам определять конкретные участки для обработки.

В рамках государственной отраслевой программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг. реализуются мероприятия по направлению «Разработка, внедрение и сопровождение информационных технологий в агропромышленном комплексе» подпрограммы 9 «Обеспечение общих условий функционирования агропромышленного комплекса», что предусматривает развитие ряда информационных баз (в том числе сопровождение программного обеспечения информационной системы «Мониторинг технического обслуживания энергонасыщенной сельскохозяйственной техники», актуализацию баз данных информационно-поисковой системы «Техсервис» и «Ветснаб»).



## МАШИНОСТРОЕНИЕ

В 2016-2021 гг. для всех основных секторов машиностроения была отмечена общая положительная динамика. Так, объемы производства вычислительной, электронной и оптической аппаратуры (электронных плат, носителей, компьютеров) выросли с 1,3 млрд рублей в 2016 году до 2,7 млрд рублей в 2021 году (CAGR 16%); объемы производства электрооборудования (электродвигателей, генераторов, бытовой техники) выросли с 2,3 млрд рублей в 2016 году до 4,0 млрд рублей в 2021 году (CAGR 12%); объемы производства прочих машин и оборудования (машин для сельского и лесного хозяйства, станков) выросли с 4,5 млрд рублей в 2016 году до 9,6 млрд рублей в 2021 году (CAGR 16%); объемы производства транспортных средств и оборудования выросли с 2,6 млрд рублей в 2016 году до 7,4 млрд рублей в 2021 году (CAGR 23%).

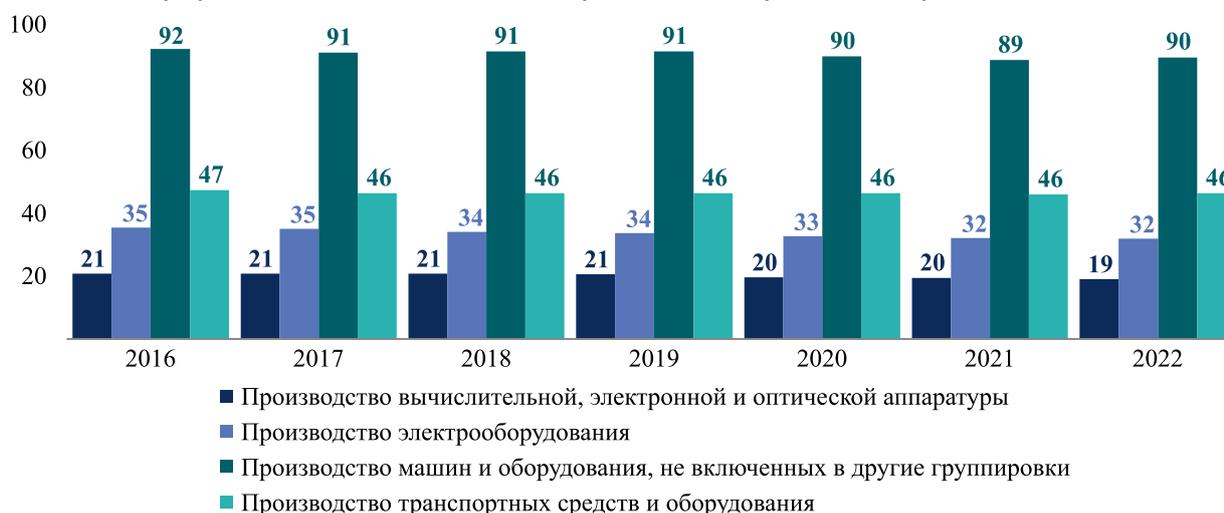
График 39 Объем промышленного производства в текущих ценах, млрд руб.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Несмотря на рост объемов производства в стоимостном выражении, списочная численность работников в среднем за период по большинству секторов сократилась: для производства вычислительной, электронной и оптической аппаратуры с 21 тыс. человек в 2016-2017 гг. до 19-20 тыс. человек в 2021-2022 гг., для производства электрооборудования с 35 тыс. человек в 2016-2017 гг. до 32 тыс. человек в 2021-2022 гг., для производства прочих машин и оборудования с 91-92 тыс. человек в 2016-2017 гг. до 89-90 тыс. человек в 2021-2022 гг. Списочная численность предприятий по производству транспортных средств и оборудования как самого быстрорастущего сектора машиностроения в 2016-2022 гг. оставалась на уровне 46 тыс. человек.

График 40 Списочная численность работников в среднем за период, тыс. чел.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Совокупные инвестиции в основной капитал промышленного сектора превышали 11 млрд рублей в 2019-2021 гг. с сокращением до 9,2 млрд рублей в 2022 году. Доля инвестиций, направленная на приобретение машин, оборудования и транспортных средств в совокупной структуре в 2018-2022 гг. составляла в пределах 46-53%.

График 41 Инвестиции в основной капитал (промышленность), млн руб.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

В 2015-2023 гг. для сельского хозяйства отмечается снижение уровня обеспеченности основными видами сельскохозяйственной техники – тракторами, грузовыми автомобилями и комбайнами – в среднем на 2-3% в год.

График 42 Наличие основных видов сельскохозяйственной техники, машин и оборудования в сельскохозяйственных организациях (на конец года), тыс. шт.



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

При этом, если на фоне снижения количества тракторов в сельскохозяйственных организациях снижалось и количество тракторов на 1000 га пашни, что подтверждало снижение обеспеченности сельскохозяйственных организаций соответствующей техникой, то количество комбайнов в 2015-2022 гг. на 1000 га посевов оставалось на уровне 44-52 штук, что может обуславливать совокупное сокращение количества комбайнов в организациях сокращением посевных площадей.

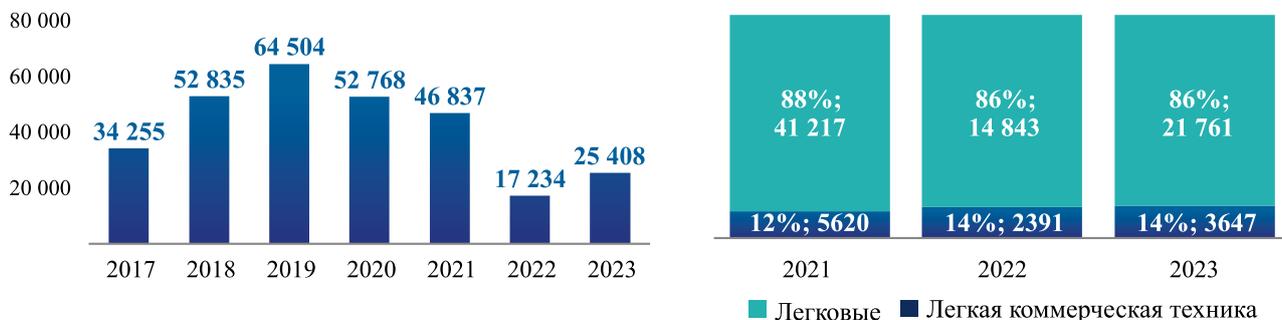
График 43 Наличие основных видов сельскохозяйственной техники на единицу площади сельскохозяйственных угодий



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

На основании данных автомобильной ассоциации «БАА», рынок легких автомобилей Беларуси с 2020 года демонстрировал снижение объемов продаж в натуральном выражении — по результатам 2022 года объемы продаж сократились до 17,2 тысяч единиц, 86% из которых пришлось на традиционно легковые автомобили, а оставшиеся 14% — на легкую коммерческую технику. В 2023 году, однако, несмотря на существенное снижение предложения на рынке со стороны европейских поставщиков, совокупные объемы продаж возросли до 25,4 тысяч единиц.

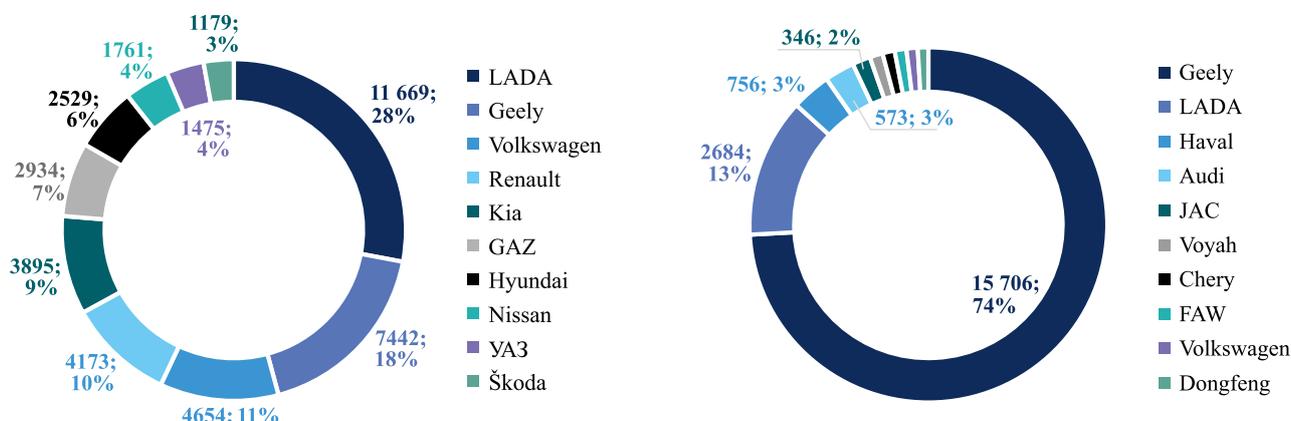
График 44 Продажа автомобилей (легковые и легкая коммерческая техника) в Беларуси, единиц



Источник: Автомобильная ассоциация «БАА»

Рост объемов продаж в 2023 году обусловлен успешной переориентацией на российских и китайских производителей. Основной маркой в структуре ключевых реализованных на рынке Беларуси в 2023 году автомобилей стали автомобили Geely, производящиеся на белорусско-китайском совместном предприятии СЗАО «БЕЛДЖИ».

График 45 Продажа автомобилей (легковые и легкая коммерческая техника) в Беларуси в разрезе по ключевым маркам в 2021 году (слева) и в 2023 году (справа), единиц



Источник: Автомобильная ассоциация «БАА»

Машиностроительная отрасль Беларуси представлена широким перечнем государственных предприятий, предприятий с участием иностранного капитала и рядом частных игроков, в основном ориентированных на производство автомобилей, пассажирского транспорта, коммерческой техники и авиационных комплексов. Среди крупнейших игроков рассматриваемого сектора можно отметить:

● **ОАО «Минский тракторный завод»**

Минский тракторный завод – производитель сельскохозяйственной техники, один из ведущих тракторных заводов региона СНГ. Помимо основного завода в Минске, в объединение входит ряд заводов, производящих детали и навесные агрегаты для тракторов и другой техники, выпускаемой МТЗ.

● **ОАО «БЕЛАЗ»**

Белорусский автомобильный завод – один из крупнейших в мире производителей больших и особо больших самосвалов, а также другой тяжелой транспортной техники для горнодобывающей и строительной отраслей.

● **ОАО «МАЗ»**

Минский автомобильный завод – государственное автомобилестроительное объединение в Беларуси, одно из крупнейших в Восточной Европе, специализирующееся на выпуске большегрузной автомобильной, а также автобусной, троллейбусной и прицепной техники. Городские автобусы МАЗ, среди прочего, эксплуатируются по всей Беларуси, а также в ряде зарубежных стран.

● **СЗАО «БЕЛДЖИ»**

БелДжи – совместное предприятие, созданное с участием китайского автопроизводителя Geely. За последние годы, локально произведенные автомобили завоевали популярность у населения, что отражается в доле марки Geely на рынке новых автомобилей Беларуси. Активно развиваются производства, направленные на повышение уровня локализации собираемых в Беларуси автомобилей.

● **ОАО «Гомсельмаш»**

Гомсельмаш – белорусский производитель сельскохозяйственной техники (зерноуборочных комбайнов и комплексов для уборки кормовых, зерновых, крупяных культур и рапса, сахарной свёклы, картофеля; косилок, прицепных и навесных машин для комплексной обработки почвы).

● **ОАО «Борисовский завод автотракторного электрооборудования»**

Борисовский завод автотракторного электрооборудования – специализированное предприятие по проектированию и производству стартеров и генераторов для двигателей грузовых и легковых автомобилей, автобусов, сельскохозяйственной техники и спецтехники.

● **ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»**

Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» — предприятие по производству сельскохозяйственной техники, производящее навесную и прицепную технику для внесения органических и минеральных удобрений, заготовки, хранения и раздачи кормов, уборки льна, послепосевной обработки картофеля и корнеплодов.

● **ОАО «Белкард»**

Белкард – предприятие, специализирующееся на производстве карданных валов и узлов для автомобильной промышленности и сельскохозяйственного машиностроения.

● **ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш»**

Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» — производитель электрического общественного транспорта (трамваев, электробусов, троллейбусов, дуобусов, гибридных автобусов).

● **ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод»**

Минский моторный завод – крупнейшее профильное предприятие Беларуси, а также ведущий производитель современных дизельных тракторных и комбайновых двигателей.

● **ОАО «Амкодор»**

Амкодор — белорусская машиностроительная компания по производству и реализации специальных машин для дорожно-строительной, логистической, торфодобывающей, коммунальной, лесной, сельскохозяйственной отраслей.

● **ЗАО «Атлант»**

ЗАО «Атлант» является крупным производителем бытовой электротехники – холодильников, морозильников, стиральных машин, медицинской техники, промышленного электрооборудования.

● **СП ЗАО «ЮНИСОН»**

ЮНИСОН – завод, специализирующийся на производстве легковых автомобилей и переоборудовании транспортных средств специального и коммерческого назначения. В сентябре 2023 года завод приступил к выпуску легковых автомобилей Hongqi китайской государственной автомобилестроительной компании FAW Group.

● **ОАО «Минский завод колесных тягачей» (МЗКТ)**

МЗКТ – производитель колесных шасси высокой проходимости и грузоподъемности. Продукция компании в значительной степени ориентирована на потребности оборонного комплекса.

● **ОАО «Пелленг»**

Пелленг – ведущее проектно-конструкторское предприятие оптико-электронной промышленности Республики Беларусь. В 2003 году компания включена в Реестр высокотехнологичных производств и предприятий Республики Беларусь. Основная компетенция компании – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, включающие полный цикл изготовления наукоемкой оптико-электронной продукции для широкого применения.

Важнейшую роль в развитии белорусского машиностроения играет Китайско-Белорусский индустриальный парк «Великий камень» — особая экономическая зона, созданная для развития высокотехнологичных производств со специализацией в ряде секторов, включая машиностроение. В секторе машиностроения в Великом камне уже зарегистрировано порядка 22 резидентов, в том числе такие компании, как:

● **ООО «ЗУМЛИОН БЕЛ-РУС»**

ЗУМЛИОН БЕЛ-РУС – белорусско-китайское предприятие, специализирующееся на производстве, реализации и сервисном обслуживании специальной техники с навесным оборудованием «ZOOMLION» на базе шасси белорусского производства.

● **ООО «РЕСИФ Технологии Бел»**

РЕСИФ Технологии Бел – сервисная компания по механообработке металлических изделий с использованием основных технологических процессов машиностроения.

● **ЗАО «АТК»**

Авиационные технологии и комплексы – китайско-белорусское совместное предприятие, специализирующееся на производстве беспилотных авиационных комплексов (БАК) на базе беспилотных летательных аппаратов (БЛА) различного типа, а также современной сверхлегкой пилотируемой авиационной техники двойного назначения. Кроме того, ЗАО «АТК» предоставляет услуги по аэрофотосъемке и мониторингу заданной местности с использованием производимой техники с последующей обработкой полученных данных в интересах различных отраслей.

● **ООО «АМБ-Инжиниринг»**

АМБ-Инжиниринг – научно-исследовательский и опытно-конструкторский центр по разработке и производству гибридных электрических трансмиссий для транспорта.

● **ООО «НПЦ металлообработки»**

НПЦ металлообработки – исследовательское-конструкторское предприятие по разработке и внедрению технологий в области беспилотных авиационных комплексов.

● **ООО «Фалкон Пауэр»**

Фалкон Пауэр – завод по производству двигателей внутреннего сгорания для грузовых автомобилей, автобусов, строительной техники.

● **ООО «Рухтех»**

Рухтех – компания, осуществляющая производство оптомеханических компонентов, электронных узлов и лазерного оборудования на их базе.

● **ООО «Фаст Трансмишэн Европа»**

Фаст Трансмишэн Европа – компания, осуществляющая производство коробок передач.

В рамках Исследования было также проанализировано несколько кейсов инновационного и технологического развития игроков машиностроительной отрасли в Республике Беларусь.

● **ОАО «Минский тракторный завод»**

В декабре 2023 года Минский тракторный завод совместно с компанией ООО «Технологии земледелия» (официальным дилером американского программного обеспечения Trimble в Беларуси) представили собственную систему автоматического управления BELARUS|TTZ. Завод тестировал тракторы с системами автовождения TeeJet (США), Müller-Elektronik (Германия), с 2017 года – Trimble. В результате, опыт, полученный в процессе работы с оборудованием мировых лидеров, позволил представить новый продукт – собственную систему автовождения, сочетающую лучшие характеристики и локальные особенности Беларуси. Система будет введена в общую комплектацию тракторов серий 3000/3500 с февраля 2024 года, серий 1500/2000 – с июня.

Также в декабре 2023 года в литейном цехе Минского тракторного завода была опробована оснастка, изготовленная за 3D-принтере. Литейные формы были доставлены на завод в рамках реализации совместного проекта с российской компанией АО «ЛАНИТ» по переводу конструкторско-технологических и производственных процессов в единую цифровую и безбумажную среду. Проект стартовал в конце 2021 – начале 2022 гг., рассчитан на пять лет и застрагивает все этапы жизненного цикла изделия, начиная от планирования и заканчивая выдачей цифровой конструкторской и технологической документации в производство. Основная цель – переход к производству продукции на основе цифровых подлинников в виде электронных моделей и цифровых технологических процессов. По результатам освоения литейных форм и их дальнейшей механической обработки будет решаться вопрос о целесообразности покупки 3D-принтера для завода.

● **ОАО «БЕЛАЗ»**

Вся техника БелАЗ оснащается интеллектуальной системой мониторинга (IMS) собственной разработки. Она обеспечивает контроль за техническим состоянием машин, дает оценку их работы, а также выявляет различные нарушения во время эксплуатации.

**Функциональные возможности IMS:**

- определение местоположения и скорости самосвала по сигналам спутниковой навигационной системы GPS/ГЛОНАС;
- сбор информации от бортовых систем, находящихся на информационной CAN-шине через бортовой компьютер;
- накопление и хранение информации о местоположении и телеметрической информации в энергозависимой памяти на съемном носителе;

- передача информации в центр компетенций ОАО «БЕЛАЗ» по беспроводному каналу связи стандарта GSM/GPRS.

Аналитический модуль системы предоставляет расширенную информацию об эксплуатации карьерной техники с помощью инфографики.

В начале 2024 года ОАО «БелАЗ» расширило функциональные возможности системы, добавив два модуля – «Матрицу системных отказов» и «Топ неисправностей». Дополнительные модули позволяют проводить анализ частоты выхода из строя различных деталей и узлов самосвалов, а также учитывать время простоя исходя из определенной неисправности. По мере накопления опыта система сможет максимально точно прогнозировать выход из строя той или иной детали по каждому самосвалу в зависимости от условий эксплуатации.

В филиале Мурманского арктического университета в г. Апатиты в мае 2023 года была открыта учебная аудитория БелАЗ. Новая специализированная аудитория предназначена для обучения студентов специальностям «Горное дело» и «Горные машины и оборудование», а также повышения уровня подготовки специалистов горнодобывающих предприятий Мурманской области, эксплуатирующих карьерную технику БелАЗ. Аудитория оснащена четырьмя лабораторными стендами, многофункциональной тач-панелью, программным обеспечением, интерактивным и компьютерным оборудованием, масштабными моделями автомобилей и всем необходимым наглядным материалом. Более того, учебный процесс в аудитории дополнен VR-технологиями нового поколения. Использование VR-технологий позволяет полностью погружаться в учебный процесс, и тестировать работу самосвала в ситуациях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, моделировать внештатные ситуации, например, по тушению пожара. Уже на момент открытия аудитории в виртуальной реальности был доступен ремонт редуктора мотор-колеса и задней подвески карьерного самосвала грузоподъемностью 130 тонн. В скором времени планировалось добавить возможность монтажа-демонтажа цилиндров передней подвески и заднего моста. Аналогичное VR-приложение создано для гидравлической системы и тягового электропривода.

#### ● СЗАО «БЕЛДЖИ»

На заводе БелДжи цифровизированы практически все процессы: от планирования производства и управления оборудованием на конвейере до контроля качества и формирования систем сервиса. Сварка на сборочном конвейере осуществляется роботами-манипуляторами KUKA. Также с помощью этих роботов осуществляется нанесение клея на лобовые и боковые стекла во время вклейки на линии интерьера. Для нанесения покрытия на наружные поверхности кузова применяются современные роботы Durr со сложной кинематикой, обеспечивающей гарантированно высокое качество покраски на поверхностях любой конфигурации.

#### ● ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»

На предприятии ОАО «Управляющая компания холдинга Бобруйскагромаш» была разработана стратегия развития и управления инженерными данными на базе ERP-системы, которая позволяет отслеживать весь производственный цикл изготовления изделий. В качестве базовой информационной платформы была выбрана система Omega Production, разработанная российской компанией Omega Software.

Совместная работа программистов предприятия и разработчиков Omega Software позволила в кратчайшие сроки разработать и внедрить модули управления инженерными данными для всех подразделений предприятия и объединить их в единую информационную среду для совместного использования информации в электронной форме.

Библиотека модулей системы Omega Production позволяет следить в режиме реального времени за производственными процессами, технологическими картами, материально-техническим снабжением, отказами в гарантийный период, отгрузкой готовой продукции, себестоимостью, внедрением и выпуском модифицированной и инновационной техники, формулярами, изменениями в серийном производстве, вести учет о планово-предупредительных ремонтных работах оборудования и т. д.

На период с 2023 по 2025 год стоит задача внедрить контрактные спецификации на выпускаемую серийную продукцию. Данный модуль позволит выдать на изготовление в производство полностью подобранную спецификацию исходя из требований заказчика без привлечения к заказу конструкторских и технологических подразделений, что позволит сконцентрироваться на выпуске новой линейки продукции.

● **ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш»**

В начале 2022 года Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» представила уникальный грузовой электромобиль собственного производства Vitovt Truck Electro Prime. Электрогрузовик способен развивать скорость до 90 километров в час, а емкости батареи хватает, чтобы проехать на одном заряде от 100 до 300 километров. Кроме того, грузовой электромобиль оборудован системой беспилотного управления с функциями адаптивного круиз-контроля и автоматического экстренного торможения, электронной управляемой пневматической подвеской с возможностью регулировки уровня погрузочной площадки, тормозной системой с электронным управлением.

● **Компания EnCata**

Компания EnCata рассматривается как один из важнейших субъектов венчурной экосистемы Республики Беларусь. EnCata предлагает услуги по конструкторской разработке и промышленному прототипированию для hardware и sci-tech стартапов. Работает с проектами из различных технических областей. Имеется собственное конструкторское бюро, исследовательский центр, центр прототипирования (металл, пластик, электроника и др.), служба по поиску инвестиций на разработку, а также группа производственных консультантов. В портфолио компании – более 350 проектов из более 20 индустрий, включая интернет вещей, потребительские товары, аэрокосмическую промышленность, робототехнику, сельскохозяйственную промышленность, фильтровентиляционные решения.

## СТРОИТЕЛЬСТВО

Основным статистическим показателем, характеризующим динамику строительного сектора, является показатель объема подрядных работ. В 2022 году объем выполненных в строительстве подрядных работ составил 13,5 млрд рублей (+5% к объему 2021 г.), а по итогам 2023 года объем подрядных работ превысил 16,4 млрд рублей, что составляет +22% к значению показателя в сопоставимом периоде 2022 г. и свидетельствует о закрепившемся в 2023 г. тренде восстановления и роста в строительном секторе.

Такая динамика строительной отрасли подтверждается и при пересчете показателя объема подрядных работ, выраженного в национальной валюте, в доллары США, что позволяет также в некоторой степени учесть инфляционный и девальвационный фактор для оценки объема строительного сектора.

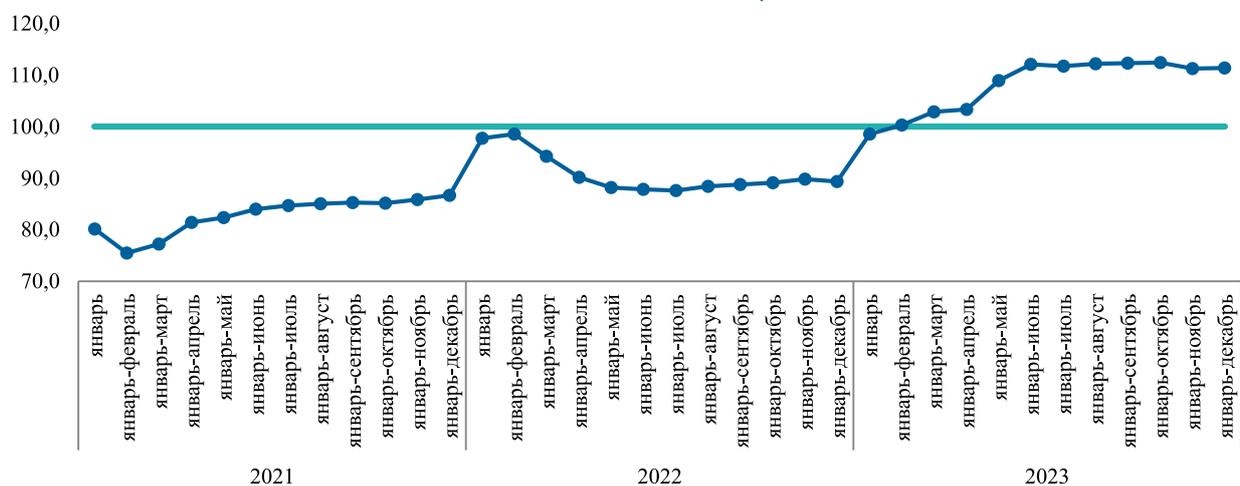
График 46 Объем подрядных работ, классифицируемых по видам экономической деятельности в секции F «Строительство»



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Наличие тренда роста в строительстве подтверждается также и динамикой рассчитанного статистическим ведомством индекса объема строительных работ – с начала 2023 г. индекс ежемесячно составляет величины выше 100%, превышая в сопоставимых ценах объемы прошлого года на порядка 10%, в то время как в течение двух прошлых лет в строительном секторе республики отмечалась рецессия – индексы подрядных работ постоянно находились на уровне сильно ниже 100%.

График 47 Индекс объема подрядных работ (в % к соответствующему периоду предыдущего года в сопоставимых ценах)



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Таким образом, на протяжении последних 8 лет (после периода наиболее высоких показателей в строительстве, простимулированных в основном чрезвычайно высокими государственными расходами) объемы подрядных работ в белорусском строительном секторе составляют от 4 до 6 млрд долларов США, и характеризуются определенными циклическими колебаниями.

Восстановление строительного сектора, которое наблюдалось в течение 2023 года, способствовало в том числе и росту ВВП – наряду с торговлей и обрабатывающей промышленностью строительство вошло в топ-3 отрасли, показавших наиболее высокий темп прироста вклада в общий прирост ВВП – на уровне порядка +10%. В целом, динамика строительного сектора показывает определенную корреляцию с динамикой ВВП, однако характеризуется большей циклическостью и сезонностью.

График 48 Индексы ВВП и объема подрядных работ, Республика Беларусь



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Объемы жилищного строительства в Беларуси в последние годы стабилизировались на уровне порядка 4,2 млн кв. м. (общая площадь, все типы жилых помещений). В 2023 г. в эксплуатацию введено 4,194 млн кв. м. жилых домов, что на 1% меньше, чем за 2022 год (4,223 млн кв. м.).

График 49 Площадь жилых домов, введенных в эксплуатацию



Источник: Национальный статистический комитет Республики Беларусь

Строительная отрасль в Республике Беларусь представляет собой динамичный сектор экономики, представленный широким перечнем организаций частной и государственной формы собственности, реализующих проекты жилой и коммерческой недвижимости, возведение объектов социальной, промышленной и инженерной инфраструктуры. Уровень конкуренции на рынке оценивается как высокий ввиду большого числа игроков государственной и частной собственности, при этом для отрасли также характерно наличие крупных государственных холдингов, особенно в секторе промышленного и инфраструктурного строительства.

Крупнейшими строительными компаниями в области промышленного строительства являются ОАО «Пассат» (25 лет на рынке промышленного строительства, строительство объектов первого класса сложности, к числу реализованных проектов относится Нежинский ГОК, Петриковский ГОК и иные), ОАО «Мозырьпромстрой» (ряд проектов для ОАО «Мозырский НПЗ»), ПУ «Нефтеспецстрой» РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» и др. В области энергетического строительства крупнейшим игроком выступает РУП «Белэнергострой» — управляющая компания холдинга» (объединяет 8 организаций).

В области дорожного и инфраструктурного строительства можно отметить такие компании, как: холдинг «Белавтодор» (группа строительных и промышленных компаний, занимающая лидирующие позиции на рынке комплексного строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов транспортной инфраструктуры), ГП «Горавтомост» (строительство мостов и путепроводов, переходов и др.), РУП «Белдорсвязь» (проектирование, строительство и обслуживание современных систем связи).

Одним из крупнейших строительных холдингов страны является холдинг «БЕЛСТРОЙ-ЦЕНТР-ХОЛДИНГ», который объединяет в своем составе 18 предприятий в различных регионах страны, специализирующихся на различных видах строительства. Отраслевой строительный холдинг основан в 2016 году и в настоящее время объединяет 18 предприятий, предоставляющих все виды услуг на любом этапе строительства. В перечень значимых проектов холдинга входят ОАО «Белорусский металлургический завод», ОАО «НАФТАН», гостиница «Европа», дворец спорта «Уручье» и многие другие.

ОАО «Минскпромстрой» — одна из самых опытных строительных организаций Беларуси. В перечень значимых проектов входят Дворец Независимости, государственное учреждение «МКСК «Минск-Арена», ОАО «Банк развития Республики Беларусь», торговый центр «Столица» и прочие. Государственное производственное объединение «Минскстрой» — организация по строительству жилья и возведению социально значимых и важнейших объектов города Минска. В составе объединения 14 организаций: служба заказчика, предприятия индустриального и монолитного строительства, общестроительные тресты и специализированные организации, предприятия строительной промышленности, управление механизации.

Активно развивается на рынке строительных услуг СЗАО «Компания по развитию индустриального парка», которая выполняет роль заказчика строительства объектов в Китайско-Белорусском индустриальном парке «Великий камень».

Ключевые частные игроки на рынке жилого и коммерческого строительства Беларуси включают следующих застройщиков: Дана Холдингз (крупнейшие проекты — «Минск-Мир», совокупный объем ввода в эксплуатацию жилья ежегодно — 200-250 тыс. кв.м.; является одной из ведущих компаний полного цикла, специализирующейся на инвестициях в строительстве жилых, промышленных, коммерческих, образовательных и многофункциональных объектов недвижимости), А-100 Девелопмент (крупнейшие проекты — «Новая Боровая», «Зеленая гавань», совокупный объем ввода в эксплуатацию жилья ежегодно — 50-100 тыс. кв.м.; является одним из крупнейших частных застройщиков в Беларуси, успешно осуществляющим амбициозные проекты в сфере коммерческой и жилой недвижимости, занимается проектированием и строительством заправочных станций, объектов логистической инфраструктуры и других проектов), Айрон (крупнейший проект «Левада», совокупный объем ввода в эксплуатацию жилья ежегодно — около 50 тыс. кв.м.; компания работает на белорусском рынке жилой и коммерческой недвижимости, является опытным застройщиком, возводящим качественные современные и доступные жилые комплексы клас-

са стандарт и премиум). На рынок строительства Минска в 2023 году вышел новый игрок – компания ООО «Риверсайд Девелопмент Лимитед» (крупнейший проект – жилой комплекс «Северный Берег»). Компания Emaar Properties (бенефициар ООО «Риверсайд Девелопмент Лимитед») – один из крупнейших в мире девелоперов и инвесторов в области строительства. Владеет более чем 60 дочерними компаниями и присутствует на рынках более 35 стран. Специализируется на гостиничном бизнесе, торгово-развлекательной инфраструктуре, сдаче в аренду коммерческой недвижимости, развитии информационно-коммуникационных технологий и услуг для различных сфер бизнеса, инвестировании и обслуживании недвижимости.

В рамках Исследования были изучены некоторые кейсы, отражающие инновационное и технологическое развитие игроков строительной отрасли.

В Беларуси характеризовалось популярностью применение дронов, поскольку они могут использоваться на высотных объектах, строительных площадках, в опасных и труднодоступных местах не только в периоды проектирования и строительства, но и в ходе эксплуатации. Применение данных беспилотных автономных летающих аппаратов регулируется специально созданной законодательной базой.

3D-печать, основанная на методе послойного нанесения строительных материалов, в качестве которого в основном используют тяжелый мелкозернистый бетон, несмотря на эффективность применения данной технологии в малоэтажном строительстве и сопоставимость по ценовым характеристикам к постройкам из газобетона, массовой в Беларуси пока еще не стала.

В марте 2019 года Президент Республики Беларусь подписал Директиву №8. Один из приоритетов, обозначенных в документе, — масштабная цифровая трансформация, включающая активное использование BIM-технологий (Building Information Modeling) — информационного моделирования в строительстве. Во исполнение Директивы Президента Республики Беларусь РУП «Белстройцентр» разрабатывает подсистему «Библиотека базовых элементов» государственной информационной системы «Госстройпортал». Цель создания библиотеки — предоставление базовых элементов участникам жизненного цикла объекта строительства на всех его этапах и информационное обеспечение участников инвестиционного процесса сведениями о строительных материалах, изделиях, оборудовании и конструкциях, применяемых на территории Республики Беларусь. Для размещения в библиотеке качественных BIM-элементов разработан проект Руководства по созданию базовых элементов. В июле 2023 года «БЕЛСТРОЙЦЕНТР-ХОЛДИНГ» выступил организатором семинара-тренинга «Основы управления строительными инвестиционными проектами с разработкой базовой модели проекта в MS Project» на базе собственного предприятия, организованного для руководителей и специалистов отрасли. В рамках семинара были рассмотрены мировые тренды развития методологии управления проектами в строительстве, а также разъяснены для участников семинара основы планирования и контроля за ходом реализации проекта в рамках действующего законодательства Республики Беларусь на базе MS Project. На 2024 год одним из крупнейших строительных холдингов страны запланирован ряд деловых программ во исполнение Плана проведения стажировок за рубежом руководящих кадров организаций строительного комплекса Республики Беларусь на 2024 год, согласованного Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь. В феврале 2024 года планировалось организовать программу обучения по теме «Современные технологии в строительстве. Города будущего» в Саудовской Аравии с посещением уникальной широкопрофильной выставки строительства. В марте 2024 года будет организована программа по теме «Инновации в строительстве» в КНР с целью изучения китайского опыта инновационного пути развития в области жилищного и промышленного строительства.

«Минскпромстрой» обозначает использование такого программного обеспечения, как Oracle Primavera, MS Project и Autodesk Revit для управления проектами. Oracle Primavera – корпоративное программное обеспечение, включающее в себя функции управления проектами, составления графиков, анализа рисков, управления возможностями, управления ресурсами, сотрудничества и контроля, а также интегрирующееся с другими корпоративными программными обеспечениями. Microsoft Project – продукт для управления проектами, разработанный и реализуемый компанией Microsoft, предназначен для содействия менеджеру проекта в составлении расписания, рас-

пределении ресурсов для выполнения задач, отслеживании хода работ, управлении бюджетом и анализе рабочей нагрузки. Autodesk Revit – это программное обеспечение для информационного моделирования зданий. Autodesk Revit позволяет архитекторам, инженерам и специалистам в области строительства моделировать формы, конструкции и системы в 3D с параметрической точностью, аккуратностью и легкостью, оптимизировать управление проектами благодаря мгновенному внесению изменений в планы, эскизы, графики, чертежи и ведомости, объединять многопрофильные проектные группы для повышения эффективности и сотрудничества в офисе или на стройплощадке.

Инновационное развитие сектора строительства тесно связывается с деятельностью проектных и инжиниринговых организаций, девелоперов (заказчиков) строительства, производителей строительных материалов.

В 2019-2021 гг. ОАО «Гроднопромстрой» был построен один из крупнейших торговых центров в стране – ТЦ Triniti (г. Гродно). Комплекс является современным, автоматизированным и безопасным объектом. Освещение, отопление, кондиционирование и вентиляция настраиваются и работают по алгоритмам в зависимости от температуры и освещения на улице. В случае возникновения необходимости посредством программного обеспечения работа ТРЦ переводится в наиболее оптимальный для него режим. В автоматическом порядке работает и современная система дымоудаления, что позволяет в экстренных ситуациях оперативно и безопасно эвакуировать людей из помещения.

В рамках своего ключевого проекта «Минск-Мир» Дана Холдингз планирует строительство международного финансового центра, основной задачей которого будет формирование условий для привлечения международного капитала в Республику Беларусь. Центр будет состоять из пяти зданий: двух 14-этажных, двух 26-этажных и небоскреба на 42 этажа. В четырех высотках разместятся многофункциональные помещения — бизнес-апартаменты, а небоскреб будет административным. На нижних этажах расположат кафе, рестораны, фитнес-центры и другие объекты притяжения. Согласно заявлениям девелопера, проектирование зданий центра осуществлялось в Дубае совместно с сотрудниками белорусского застройщика с реализацией по технологии «smart home» («умный дом») для создания условий для жизни и работы по лучшим мировым стандартам.

Компанией «А-100 Девелопмент» активно внедряются ИТ технологии, направленные на повышение эффективности процесса управления. Так, например, была внедрена система «БИТ.ФИНАНС. Холдинг» от компании «Первый Бит» — одного из крупнейших ИТ-интеграторов в СНГ, направленная на автоматизацию процессов управления внутри компании. Также в 2023 году компания «А-100 девелопмент» начала использовать платформу Orpосо российской одноименной компании для анализа поведения клиентов и повышения их лояльности. С целью оптимизации клиентского опыта, платформа позволяет собирать обратную связь и данные о клиентах в каждой точке взаимодействия, изучать процесс взаимодействия с помощью профессиональных инструментов работы с данными, настраивать автоматическую отправку анкет.

Проект компании «Риверсайд Девелопмент Лимитед» – «Северный берег» – заявляется как проект «умного города», расположенного в северной части города Минска, который будет полностью реализован к 2040 году с внедрением самых инновационных технологий в строительстве, энергосбережении, экологичности и ИТ инфраструктуре. Функции заказчика в части создания электросвязи для проекта, а также оператора SMART-платформы выполнит компания becloud – один из ведущих поставщиков облачных решений, ИТ инфраструктуры и хостинга в Беларуси.

SMART-платформа beCloud, которую компания создает в настоящий момент, станет одной из основ для строительства умных городов в стране. SMART-платформа beCloud основана на технологиях интернета вещей, охватывающих практически все сферы жизнедеятельности города и граждан. Это технологический продукт, который позволяет собирать и агрегировать данные информационных систем и систем управления, анализировать их и вырабатывать решения по оптимизации и управлению процессами. Пилотная зона умного города развернута на территории Республиканского центра обработки данных. В тестовом кластере установлены 3 smart-опоры. Первая – опора для освещения, в корпус которой интегрированы технологические компоненты

и программное обеспечение, а также установлена станция зарядки электромобилей. Во второй smart-опоре интегрированы медиапанель и акустический модуль для воспроизведения аудио- и видеоконтента, модуль с USB-интерфейсами для зарядки мобильных устройств. Третья smart-опора оснащена базовой станцией LTE, мощной точкой доступа Wi-Fi, системой видеонаблюдения и акустическим модулем. В рамках пилотных испытаний изучаются возможности умных опор для организации умного освещения, создания умных парковок, видеонаблюдения, публичного доступа в интернет, взаимодействия со SMART-платформой и др.

Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь для участников стройкомплекса страны была поставлена задача еще к 2022 году внедрить в свою деятельность технологии информационного моделирования (BIM), позволяющие строить трехмерные модели строительных проектов. Лидером по использованию технологии на отечественном рынке является ОАО «Институт Белгоспроект» — одна из лучших проектных организаций широкого профиля в стране. В 2013 году институт был определен базовой проектной организацией для освоения BIM-технологии. Из имеющихся на рынке вендоров выбор был сделан в пользу программных продуктов компании Autodesk, таких как Revit, Navisworks. В 2020 году в составе института появилось отдельное подразделение по развитию и внедрению технологий цифровизации – BIM-офис. Технологии BIM-проектирования применяются также инженерно-консалтинговой группой компаний «Энэка», ООО «Технологии управления проектами».

3D-сканирование, посредством которого возможно получить детальную компьютерную копию реального строительного объекта с фактическими размерами, является передовой цифровой технологией и активно используется в Республике Беларусь для съемки не только зданий и сооружений, но и автомобильных дорог, объектов горной и нефтегазовой промышленности. Примером организации, которая оказывает услуги 3D-сканирования, является ОАО «Гродненский научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза». Как правило, для обеспечения достаточной полноты съемки объекта выполняется несколько сканов с разных мест установки сканера. Затем, используя точные геодезические методы, разрозненные сканы объединяются в общее координатное пространство. Применение лазерного 3D-сканирования в строительстве позволяет контролировать и корректировать точность выполнения проекта в ходе работ, состояние объекта при эксплуатации.

Искусственный интеллект, к некоторым формам которого возможно отнести оснащение строительной площадки роботами, а также программные комплексы для генеративного проектирования (вид деятельности, где человеком в программе прописываются требования к форме (цвету, размерам и др.), а компьютер просчитывает и предлагает различные варианты), в настоящее время широко не применяются не только в Беларуси, но и в мире

# ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОБЗОР НАЦИОНАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ И ДОКУМЕНТОВ

В таблице ниже представлены краткие результаты обзора основных национальных стратегических программ и документов на предмет установленных в них приоритетов и направлений развития рассматриваемых пилотных секторов и развития профессионально-технического и среднего специального образования.

Таблица 1 Обзор национальных стратегических программ и документов на предмет установленных приоритетов в пилотных секторах

№ п/п	Национальная программа / Установленные программой приоритеты, связанные с развитием пилотных секторов
1	<p><b>Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2040 года (предложения к проекту)</b></p> <p><b>Общие приоритеты:</b> Создание высокопроизводительных рабочих мест с достойной оплатой труда. Создание рабочих мест с использованием цифровых технологий. Привлекательность белорусского рынка труда для иностранной рабочей силы. Внедрение технологий искусственного интеллекта во все сферы жизнедеятельности.</p> <p><b>Приоритеты в области образования:</b> Гибкость и доступность образования. Система обучения, опирающаяся на цифровые технологии. Иммерсивное обучение и персонификация образовательного процесса. Бесплатные образовательные онлайн-площадки. Внедрение технологий виртуальной и дополненной реальности в образовательный процесс. Формирование новых навыков и профессиональных компетенций в соответствии с потребностями интеллектуальной экономики. Развитие качественной системы образования, отвечающей потребностям технологического развития и цифрового общества, а также мировым стандартам профессионального обучения. Развитие новых бизнес-моделей занятости с навыками работы с технологиями искусственного интеллекта, машинного обучения и робототехники, обслуживания цифровых платформ и цифровых экосистем. Нацеленность системы профессионального образования на приобретение новых компетенций, необходимых для интеллектуализации экономики и повышения ее конкурентоспособности, требующая перестройки ее структуры и образовательных программ с целью подготовки кадров, обладающих широким спектром профессиональных (hard skills) навыков, социально-психологических (soft skills) и навыков работы с цифровыми технологиями (digital skills). Работа по модернизации имеющихся и внедрению новых профессий в Национальной системе квалификаций.</p>

№  
п/п

Национальная программа / Установленные программой приоритеты, связанные с развитием пилотных секторов

Расширение услуг дополнительного образования, развитие дистанционного обучения.  
 Внедрение цифровых технологий и передовых методик обучения в образовательный процесс, создание цифровых платформ обучения.  
 Развитие непрерывного образования с акцентом на обучение цифровым умениям.  
 Совершенствование кадрового состава системы образования, в том числе в части работы с цифровыми технологиями обучения.  
 Повышение привлекательности профессионально-технического и среднего специального образования в социальной среде. Усиление практической составляющей обучения через расширение работы с секторальными советами, созданными при отраслевых министерствах, упорядочение и развитие сети центров профессиональных компетенций.  
 Обучение цифровым навыкам, полноценное оснащение учебно-лабораторных комплексов учреждений образования инновационным оборудованием, электронными образовательными ресурсами, в том числе технологиями виртуальной реальности для практических занятий и экзаменов.  
 Развитие сетевого взаимодействия между учреждениями образования, активизация работы по привлечению крупных коммерческих предприятий к организации процесса профессионального обучения, включая подготовку кадров непосредственно на производстве.  
 Расширение предлагаемых услуг дополнительного образования, разработка инновационных образовательных ресурсов, в том числе маркетплейсов и агрегаторов с образовательными курсами, включающих элементы технологий виртуальной и дополненной реальности.  
 Профессиональная подготовка и переподготовка кадров в течение всей трудовой жизни.

**Приоритеты в строительстве:**

Развитие зеленого строительства.  
 Внедрение и развитие технологии информационного моделирования в строительстве.  
 Внедрение современных технологий строительства.  
 Внедрение технологий производства новых строительных композиционных материалов, в том числе с использованием угле- и стеклопластика, наноматериалов, строительных конструкций с конструкционными композиционными профилями.  
 Применение энерго- и ресурсосберегающих технологий в строительстве.

**Приоритеты в машиностроении:**

Развитие электротранспорта.  
 Точечная модернизация традиционного сектора, построение интеллектуальной экономики.  
 Переход промышленного производства на новый технологический уклад, развитие интеллектуального промышленного производства.  
 Развитие машиностроения на новой технологической базе с элементами концепции «Индустрия 4.0». Развитие интеллектуального промышленного производства.  
 В числе приоритетов промышленной политики – внедрение АСУТП, ERP-систем и CALS-технологий, систем диспетчерского управления сбора данных (SCADA), SMC-систем (управление цепочками поставок), MES-систем (управление производственными процессами), геоинформационных систем и сервисов на их основе, переход к цифровому проектированию деталей и технологических процессов, созданию их электронных двойников для проведения виртуальных предпроизводственных испытаний.  
 Создание в кооперации со странами-партнерами производства беспилотного транспорта и комплекса технологического оборудования для использования концепции «Индустрия 4.0» в машиностроении.  
 Локализация производства основных компонент, необходимых в автомобилестроении и в производстве электротранспорта.  
 Создание в кооперации с Российской Федерацией финального производства гражданских воздушных судов и освоение производства необходимых для них компонент.  
 Внедрение в крупносерийном машиностроительном производстве роботизированной конвейерной сборки и автоматизированных производственных линий.  
 Технологическое обновление станкостроения до уровня ведущих стран мира через приобретение лицензий и создание совместных производств, формирование научно-технического инженерингового центра по станкостроению в рамках концепции «Индустрия 4.0».  
 Внедрение в машиностроении и производстве готовых металлических изделий технологического оборудования, обладающего высокой скоростью обработки и функциональной гибкостью, способностью производить кастомизированную продукцию.  
 Производство компонентов промышленных роботов (высокоэффективных малогабаритных систем технического зрения, датчиков и сенсорных систем и др.).

№ п/п	Национальная программа / Установленные программой приоритеты, связанные с развитием пилотных секторов
	<p><b>Приоритеты в сельском хозяйстве:</b>  Внедрение в сельском хозяйстве технологий цифрового мониторинга и планирования на основе использования беспилотных летательных аппаратов, внедрение информационно-аналитических систем и роботизированных средств механизации в растениеводстве и животноводстве, аддитивных технологий при производстве и ремонте сельскохозяйственной техники.  Развитие эко-эффективного производства, широкое внедрение ресурсосберегающих технологий в земледелии, инновационных технологий производства сельскохозяйственной продукции. Формирование развитой цифровой инфраструктуры АПК (автоматизация процессов производства, обработки, хранения, продажи продукции и сырья).  Обучение кадров цифровым методам ведения сельского хозяйства.  Внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, учитывающих интенсивность технологий производства растениеводческой продукции на землях с различным уровнем почвенно-ресурсного потенциала.  Развитие производства органической продукции.  Внедрение современных способов селекции пород в животноводстве.  Применение биотехнологий.  Цифровизация сельского хозяйства – создание цифровой платформы точного земледелия, внедрение технологий искусственного интеллекта, включая цифровые технологии управления земледелием, системы управления и диагностики сельскохозяйственной техники на основе больших данных и др.  Применение роботов и автоматов (доильные аппараты, мобильная техника с цифровыми геоинформационными системами, интеллектуальные системы мониторинга состояния животных и посевов).  Широкое использование сельскохозяйственной техники, оснащенной сенсорными датчиками, аппаратных средств на основе реализации принципов Интернета вещей, в т.ч. Интернета вещей для точного земледелия (IoT4Ag), оцифровки и анализа больших данных, машинного обучения и производства продукции в контролируемой среде (CEA), предиктивной аналитики по каждому виду продукции и производственному объекту.  Развитие корпоративных информационных систем организаций и построение «Цифрового сельского хозяйства», а впоследствии «Умного сельского хозяйства» и достижение NBIC-конвергенции.</p>
2	<p><b>Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года</b></p> <p>Повышение эффективности традиционной экономики посредством внедрения инноваций, оптимизации бизнес-процессов и формирования условий и инфраструктуры для нового информационного общества.  Создание интеллектуальной и «зеленой» экономики.  Цифровая трансформация всех сфер экономики и внедрение высокопроизводительных технологий, формирование развитой институциональной среды и устойчивой инфраструктуры, повышение инвестиционной привлекательности и качества инвестиций, высокое качество человеческого капитала и развитие новых профессиональных навыков и компетенций.  Развитие V и VI технологических укладов.  Подготовка кадров, обладающих навыками работы с цифровыми технологиями. В сфере профессионального образования предусматривается опережающая подготовка кадров для инновационных высокотехнологичных производств, в том числе путем открытия новых специальностей.  Оптимальное территориальное размещение и количество центров компетенций (ресурсных центров) на базе учреждений профессионального образования, развитие сетевых форм взаимодействия участников процесса подготовки кадров и дистанционных технологий обучения.  Оптимизация структуры занятости с учетом потребностей инновационной экономики.  Развитие национальной системы квалификаций и внедрения профессиональных стандартов, создания ресурсных центров по наиболее востребованным на рынке труда и новым профессиональным компетенциям.  Внедрение новых прогрессивных технологий, создание роботизированных и автоматизированных производств, повышение качества менеджмента, развитие платформ smart-индустрии в традиционных промышленных видах деятельности.  Развитие производства электротранспорта, комплектующих и зарядной инфраструктуры для него.</p>

<p>№ п/п</p>	<p>Национальная программа / Установленные программой приоритеты, связанные с развитием пилотных секторов</p>
	<p>Освоение производства беспилотных транспортных средств и сельхозтехники (пригодной для высокоточного земледелия), бытовой техники и электроники, а также обладающих искусственным интеллектом электронных приборов, интегрированных в «умный дом».</p> <p>Внедрение технологического оборудования, обладающего высокой скоростью обработки и функциональной гибкостью, способностью быстрой адаптации к производству новой продукции под специфические запросы покупателей.</p> <p>Цифровизация традиционных видов деятельности, предусматривающая внедрение на крупных и средних промышленных организациях автоматизированных систем управления товарными потоками, ERP-систем и CALS-технологий, создание систем диспетчерского управления сбора данных (SCADA), SMC-систем (управление цепочками поставок).</p> <p>Внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, учитывающих интенсивность технологий производства растениеводческой продукции на землях с различным уровнем почвенно-ресурсного потенциала.</p> <p>Улучшение способов обработки посевов и почв, применение ресурсосберегающих технологий в земледелии (мульчирование, безотвальная вспашка).</p> <p>Экологизация сельскохозяйственного производства, развитие органического и почвосберегающего сельского хозяйства.</p> <p>Цифровизация сельского хозяйства путем освоения и внедрения в сельскохозяйственное производство интеллектуальных роботизированных систем, машин и аппаратов с искусственным интеллектом.</p> <p>Внедрение цифровых технологий управления земледелием (биологизация) на всех этапах производства (прямой и полосовой посев, дифференцированное внесение удобрений, контролируемый проезд техники).</p> <p>Развитие технологий точного (прецизионного) земледелия (глобального позиционирования GPS, оценки урожайности Yield Monitor Technologies, переменного нормирования Variable Rate Technology).</p> <p>Внедрение национальных стандартов «зеленого» строительства, повышение энергоэффективности.</p> <p>Массовое применение информационных технологий в строительстве зданий (сооружений), включая систему интеллектуального управления зданием «умный дом».</p> <p>Внедрение технологий информационного моделирования в строительстве (BIM-технологий) на всех этапах жизненного цикла здания (при подготовке проектной документации, строительстве и эксплуатации).</p>
<p>3</p>	<p><b>Стратегия «Наука и технологии: 2018-2040»</b></p> <p>Построение модели «Беларусь Интеллектуальная», включающей следующие основные элементы: полномасштабное внедрение цифровых технологий, построение промышленного комплекса, отвечающего вызовам четвертой промышленной революции (широкое применение систем искусственного интеллекта, роботизация, использование сенсоров, технологии промышленного Интернета и Интернета вещей, смарт-энергетика и др.), построение высокоинтеллектуального общества.</p> <p>Приоритеты прорывного характера: технологии цифрового производства, индустриальные технологии по производству беспилотной техники, робототехнических систем, умных материалов. Переход к непрерывному образованию в большинстве профессий.</p> <p>Повсеместное внедрение CALS-технологий, обеспечивающих информационную поддержку поставок и жизненного цикла изделий, ERP-систем, интегрирующих производство и управление персоналом, финансами и активами, MES-систем, решающих задачи синхронизации, координации и оптимизации выпуска продукции на уровне предприятия, цеха, исполнителя, систем обработки и распознавания визуальных данных и мультимедийной информации.</p> <p>В период 2021–2030 гг. крупное промышленное производство должно развиваться в контексте широкого внедрения цифровых технологий, реализации индустриального Интернета. Период 2031–2040 гг. – время сплошной интеллектуализации производства. В промышленности будет сформирован комплекс «Новая Индустрия 2040», в агропромышленном комплексе базовой станет концепция «точного земледелия» («точного сельского хозяйства»), в строительстве – «интеллектуальное здание».</p>

№ п/п	Национальная программа / Установленные программой приоритеты, связанные с развитием пилотных секторов
	<p>Основное направление в традиционных отраслях, к числу которых относятся анализируемые пилотные секторы – формирование платформы «Индустрия 4.0».</p> <p>Создание системы подготовки кадров для неиндустриального комплекса на основе постоянного повышения квалификации, включая новые подходы в организации и планировании труда.</p> <p>Приоритетные направления научных разработок включают в том числе: мехатронные системы и технологии, робототехнические комплексы с интеллектуальными системами управления, серийное производство электрического транспорта, в том числе беспилотного, и компонентов к нему, производство новых конструкционных материалов для машиностроения, строительства, разработка и производство беспилотных технических систем.</p> <p>Применение аддитивных технологий в машиностроении и автомобильной промышленности, а также в строительстве.</p>
4	<p><b>Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021-2025 годы</b></p> <p>Формирование технологического базиса для инновационного развития традиционных секторов национальной экономики на основе заданий научно-технических программ и инновационных проектов, соответствующих высокотехнологичным производствам, основанным на V и VI технологических укладах, цифровая трансформация традиционных секторов.</p> <p>Организация подготовки, переподготовки, повышения квалификации кадров на основе организаций – заказчиков кадров.</p> <p>Разработка интеллектуальных систем конструкторско-технологического проектирования и подготовки производства, автоматизации и роботизации производственных процессов, включая полный жизненный цикл производимой продукции с использованием цифровых технологий («Индустрия 4.0»).</p> <p>Формирование кластера производств электротранспорта различного назначения (в перспективе — беспилотных и автономных), включая их компоненты.</p> <p>Разработка роботизированных систем с использованием технологий искусственного интеллекта.</p> <p>Создание производства автотракторной техники и ее интеллектуальных компонентов, производство новых моделей карьерной техники (на газомоторном топливе, беспилотной и др.).</p> <p>Развитие органического сельского хозяйства.</p> <p>Создание комплексов точного земледелия с возможностями оценки состояния растительного покрова в режиме реального времени с применением современных цифровых технологий, методов использования беспилотных средств, космического зондирования.</p> <p>Внедрение роботизированных систем выполнения производственных операций для создания животным комфортных условий содержания.</p> <p>Строительство стационарных и мобильных заводов по переработке отходов животноводства в замкнутом энергоэффективном цикле в органические удобрения нового поколения.</p>
5	<p><b>Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы</b></p> <p>Внедрение ресурсосберегающих технологий.</p> <p>Модернизация действующих и развитие новых конкурентоспособных производств.</p> <p>Цифровизация отраслей и подотраслей агропромышленного комплекса, направленная на повышение устойчивости функционирования и внедрение инновационных технологий и бизнес-моделей.</p> <p>Внедрение элементов точного земледелия, освоение новых ресурсосберегающих и наукоемких технологий производства.</p> <p>Развитие производства органической продукции.</p>
6	<p><b>Государственная программа «Наукоемкие технологии и техника»</b></p> <p>Внедрение передовых технологий с использованием высокотехнологичной продукции и компонентов, базирующихся на производствах V и VI технологических укладов.</p> <p>Развитие электротранспорта.</p>

№ п/п	Национальная программа / Установленные программой приоритеты, связанные с развитием пилотных секторов
7	<b>Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 годы</b>
	<p>Развитие ресурсосберегающих технологий.</p> <p>Развитие производства и использования электротранспорта.</p> <p>Проектирование и строительство только энергоэффективных зданий, в том числе с применением инновационных технологий использования возобновляемых источников энергии.</p>
8	<b>Государственная программа «Образование и молодежная политика»</b>
	<p>Укрепление материально-технической базы УПТО и УССО, диверсификация и обновление содержания образовательных программ в соответствии с потребностями экономики.</p> <p>Обеспечение широкого использования информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе.</p>
9	<b>Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы</b>
	<p>Обеспечение доступности образования, основанного на применении современных информационных технологий.</p> <p>Развитие инструментов цифровой экономики в различных отраслях национальной экономики, предусматривающих применение передовых технологий в производстве и процессах ведения внешнеэкономической деятельности, формирование необходимых условий для сохранения и повышения конкурентоспособности белорусских предприятий на мировом рынке.</p> <p>Выполнение реинжиниринга и оптимизации бизнес-процессов отечественных предприятий с использованием передовых производственных технологий, соответствующих концепции «Индустрия 4.0».</p> <p>Цифровая трансформация строительного сектора, применение технологий информационного моделирования зданий.</p>



# ПРИЛОЖЕНИЕ 5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Анализ международных тенденций в области сельского хозяйства подготовлен на основании следующих публикаций:

- Обзор сельскохозяйственной отрасли на 2023-2032 годы, ОЭСР-ФАО
- Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка, регулирование, практика, ЕЭК
- Отчет о производительности мирового сельского хозяйства 2023, Колледж сельского хозяйства и биологических наук Вирджинского технологического института в США

а также информации открытых отраслевых порталов, в том числе:

- StartUs Insights, компания, специализирующаяся на анализе данных и предоставлении информации об инновациях, развивающихся компаниях и технологиях, Австрия
- TechNode, ведущий китайский технологический портал
- AgriTechTomorrow, американский торговый интернет-журнал, в котором представлены продукты, компании, новости, статьи и события в области сельскохозяйственных технологий и точного земледелия
- Tracxn, глобальная база данных, позволяющая клиентам находить и отслеживать компании в различных отраслях и географических регионах

Обзором сельскохозяйственной отрасли на 2023-2032 годы, подготовленным Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО) (OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032<sup>14</sup>), выделены следующие глобальные тренды, определяющие развитие отрасли:

## ● Повышение производительности способствует росту производства сельскохозяйственных культур

В целом, по прогнозам, растениеводство будет расти несколько быстрее, чем животноводство и рыболовство. Этот результат обусловлен производительностью, в основном за счет роста урожайности и в меньшей степени интенсификации растениеводства, а не за счет увеличения землепользования. По прогнозам, роль расширения земельных угодий в росте производства снизится, поскольку все труднее становится перепрофилировать под сельское хозяйство земли в районах, которые остаются в основном недоступными, в зонах конфликтов или природоохранных зонах.

<sup>14</sup> <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/08801ab7-en.pdf?expires=1707117122&id=id&accname=guest&checksum=46C16D922E87A4EE90F9023D519F1B81>

### ● Увеличение объемов производства мяса

Ожидается, что в ближайшее десятилетие рост мирового производства мяса будет происходить в основном в странах со средним уровнем дохода, чему будут способствовать глобальное увеличение поголовья стад и повышение производительности в расчете на одно животное за счет более интенсивного использования кормов и постоянного совершенствования методов разведения животных, управления и технологий.

### ● Самый быстрорастущий сектор животноводства — молочное производство

В следующем десятилетии молочное животноводство останется самым быстрорастущим сектором. В странах с низким и средним уровнем дохода производство молока будет обусловлено ростом запасов, в то время как в странах с высоким уровнем дохода оно будет почти полностью поддерживаться повышением продуктивности за счет оптимизации, улучшения здоровья животных и улучшения генетики.

### ● Инвестиции и человеческий капитал имеют жизненно важное значение для повышения производительности

Инвестиции в сельскохозяйственную инфраструктуру, научные исследования и разработки, расширение доступа к более продуктивным средствам сельскохозяйственного производства, совершенствование методов управления фермерскими хозяйствами, включая внедрение цифровых автоматизированных технологий, являются важными факторами повышения производительности труда.

### ● Воздействие сельскохозяйственного производства на окружающую среду

Прогнозы предполагают отсутствие изменений в текущей политике и развитие технологического прогресса в соответствии с текущими тенденциями. Глобальные прямые сельскохозяйственные выбросы в предстоящее десятилетие увеличатся на 7,5%, в то время как прогнозируемый рост сельскохозяйственного производства составит 13%. На долю животноводства придется 80% этого роста.

Цифровизация является одним из ключевых трендов, который определяет будущее развитие всех секторов мировой экономики, и не оставляет в стороне также и сельское хозяйство. В 2022 году Евразийской экономической комиссией был опубликован тематический обзор, посвященный тематике цифровизации в сельском хозяйстве – «Международный опыт развития цифровизации в АПК<sup>15</sup>: государственная поддержка, регулирование, практика»<sup>16</sup>, содержащий анализ передовых практик государств ЕАЭС и третьих стран в секторе АПК. Так, в разрезе наиболее развитых в этом секторе стран были выделены следующие приоритеты:

#### Соединенные Штаты Америки

Государственная политика страны сфокусирована на цифровизации экономики и поддержке внедрения цифровых инструментов в таких направлениях, как точное земледелие, цифровые финансовые услуги, развитие системы учета и управления данными, расширение поддержки информационных технологий. Особое внимание уделено вопросу распространения интернета для всех сельских территорий страны.

Основным механизмом развития сельского хозяйства является грантовая поддержка, которая реализуется через различные университеты и исследовательские институты.

<sup>15</sup> АПК – агропромышленный комплекс

<sup>16</sup> <https://eec.eaunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka-regulirovanie.pdf>

## Нидерланды

Страна добилась больших успехов в технологиях и инновациях в сельском хозяйстве.

Синергия тепличных хозяйств и цифровых технологий привели к тому, что страна является одним из крупнейших экспортеров сельскохозяйственной продукции в мире.

В Нидерландах создан регион Food Valley, где сосредоточены международные пищевые компании и научно-исследовательские институты для разработки новых и инновационных концепций пищевых продуктов и трансформации агропродовольственной системы. В регионе также находится Вагенингенский университет и научно-исследовательский центр сельскохозяйственных знаний — ведущий в мире научно-исследовательский институт в области сельского хозяйства. Одна из исследовательских программ университета — Data Driven & High Tech – сосредоточена на таких направлениях, как искусственный интеллект на основе анализа данных, робототехника и поддержка принятия решений, инфраструктура для обмена знаниями. Отдельным направлением выступает проект университета «Цифровые двойники» с целью создания виртуальных версий экосистем для описания, анализа и моделирования процессов с помощью интеграции данных, искусственного интеллекта и машинного обучения.

## Германия

Использование современных цифровых информационных и коммуникационных технологий в Германии также является одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства.

По аналогии с политикой, проводимой в США, Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства Германии уделяет большое внимание покрытию территории страны (в частности сельскохозяйственных участков) высокоскоростным интернетом. Также с марта 2020 года министерство финансирует тестовые «цифровые поля» в агрохолдингах, создаваемых для апробирования различных цифровых технологий.

## Израиль

Технологические решения, разработанные в Израиле, имеют важнейшее значение для развития мирового сельского хозяйства. В стране функционирует государственная национальная инициатива Digital Israel, направленная развитие информационных и коммуникационных технологий. Каждый новый проект широко обсуждается при участии представителей министерств, специалистов ИТ индустрии и граждан, после чего запускаются пилотные проекты для апробации инновационных технологий.

Научно-исследовательский центр Вулкани занимается разработками для сельского хозяйства и состоит из шести научно-исследовательских институтов, каждый из которых специализируется в определенной области, начиная с растениеводства и разработки новейших методов защиты растений от вредителей, и заканчивая исследованиями почвы, водных ресурсов, сельскохозяйственным машиностроением и сохранностью урожая.

США являются одним из мировых лидеров в части развития сельскохозяйственных технологий, в связи с чем отдельное внимание было уделено опубликованным там исследованиями о будущих трендах развития сельского хозяйства. В частности, изучены материалы, подготовленные Колледжем сельского хозяйства и биологических наук, одним из восьми колледжей Вирджинского технологического института в США, который предлагает обучение по одним из лучших сельскохозяйственных программ в стране. В 2023 году колледж выпустил «Отчет о производительности мирового сельского хозяйства» (2023 Global Agricultural Productivity Report: Every Farmer, Every Tool<sup>17</sup>), в котором выделен ряд хорошо зареко-

<sup>17</sup> <https://globalagriculturalproductivity.org/wp-content/uploads/2024/01/2023-GAP-Report.pdf>

мендовавших себя инструментов, включая технологии, методы и стратегии, которые поспособствовали успешному повышению эффективности и устойчивости сельского хозяйства, среди которых:

<p><b>1. Улучшенная генетика</b> Улучшенная генетика сельскохозяйственных культур и домашнего скота помогают максимизировать урожайность и качество, одновременно повышая устойчивость к различным стрессам окружающей среды и минимизируя потребности в ресурсах.</p>	<p><b>2. Технологии точного земледелия</b> Данные, технологии и автоматизация используются для того, чтобы сделать управление сельскохозяйственным производством более точным и более эффективным с точки зрения использования ресурсов. Перечень технологий включает в том числе орошение с низким расходом воды (например, капельное орошение), технологии точного посева и кормления и др.</p>
<p><b>3. Управление состоянием почвы</b> Управление состоянием почвы позволяет уменьшить эрозию, увеличить инфильтрацию, улучшить круговорот питательных веществ, снизить потребность в ресурсах и повысить устойчивость. Перечень технологий в направлении управления состоянием почвы включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Регенеративные методы (сокращенная или нулевая обработка почвы, севооборот);</li> <li>• Интегрированное управление питательными веществами (удобрения, растительные остатки, продукты жизнедеятельности животных и компост);</li> <li>• Управление водными ресурсами.</li> </ul>	<p><b>4. Интегрированные производственные системы</b> Локальная интеграция производственных систем (земледелие и животноводство, аквакультура) увеличивает производство сельскохозяйственной продукции.</p>
<p><b>5. Пестициды и борьба с болезнями</b> Пестициды и болезни представляют собой серьезную угрозу для производительности. Эффективная и действенная борьба с этими угрозами включает: точное опрыскивание и химический контроль, биологический контроль.</p>	<p><b>6. Механизация и автоматизация</b> Сельскохозяйственное машиностроение максимально повышает производительность труда. Перечень технологий для сельского хозяйства в этой связи включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Дроны, автономные транспортные средства/роботы и датчики;</li> <li>• Тракторы, комбайны и сеялки точного высева;</li> <li>• Орудия, позволяющие сократить или свести к минимуму обработку почвы.</li> </ul>
<p><b>7. Платформы для обмена информацией</b> Обучение новым и существующим инструментам, повышающим производительность, необходимо для оптимизации использования инструментов, минимизации затрат. Обмен знаниями о том, как внедрить новые технологии, имеет решающее значение для достижения роста производительности. Перечень методов и технологий включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Фермерские полевые школы и технические и институты профессионального образования и подготовки;</li> <li>• Консультационные услуги;</li> <li>• Цифровые платформы и приложения.</li> </ul> <p>Таким образом, с точки зрения технологического обеспечения, глобальные тренды в сфере агротехнологий охватывают следующие основные направления:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Использование генеративного искусственного интеллекта</li> </ul>	

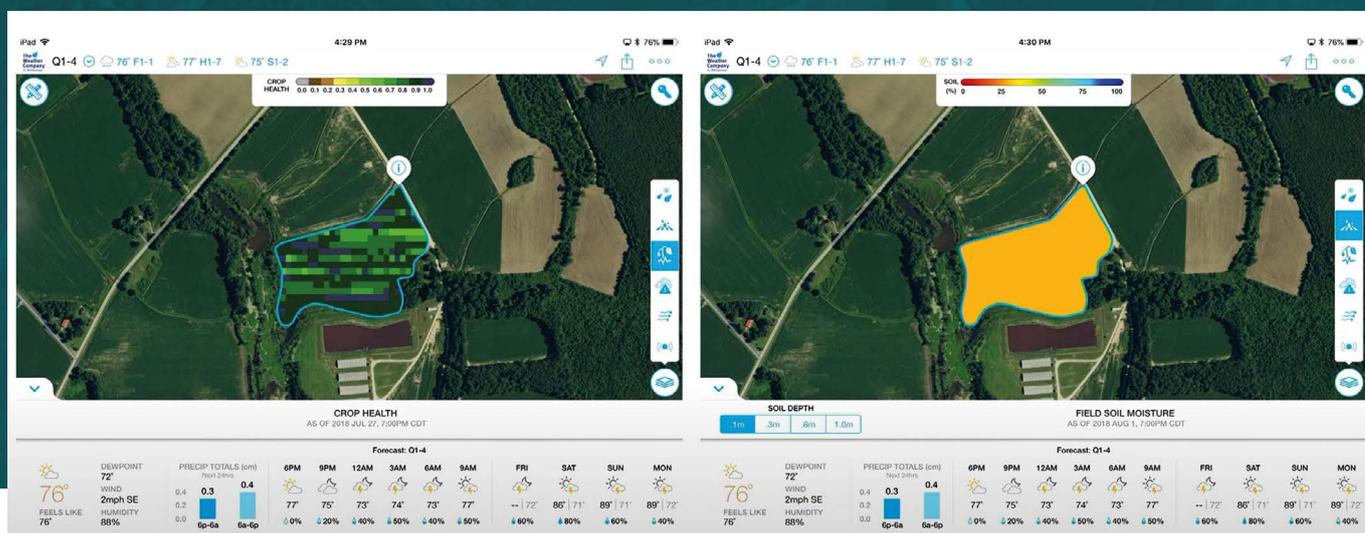
Компании используют генеративный ИИ в работе Цифровых платформ по оптимизации урожайности (Digital Crop Advisors), позволяющих агрономам перерабатывать агрономические данные в действенные рекомендации для фермеров.

Например, в мае 2019 года американская транснациональная технологическая корпорация IBM выпустила собственный продукт для принятия решений в области сельского хозяйства — Watson Decision Platform for Agriculture. Решение создает электронный полевой журнал, который собирает различные типы релевантных сельскохозяйственных данных в единый источник для каждого хозяйства, а затем с помощью искусственного интеллекта, машинного обучения и аналитики извлекает ценные сведения, которые могут помочь фермерам повысить эффективность всей сельскохозяйственной экосистемы:

- Сезонные вероятности урожайности и цен на товары для принятия оптимальных торговых решений;
- Оптимизация цепочки поставок с помощью погодных данных;
- Интеграция электронного полевого учета с производственной цепочкой пищевой промышленности;
- Определение типа культур и качества земли для управления рисками;
- Пространственная аналитика в сочетании с данными частных предприятий для понимания основных причин и движущих сил наряду с передовыми практиками.

Перечень данных включает информацию о фермерском хозяйстве (площадь, информацию о правах собственности), посевах (типе, дате посева, объемах, семенах), почве (методах обработки, типе почвы, результатах тестирования, уровне влажности), погоде (исторические данные, текущие данные, прогнозные данные), урожайности (карте урожайности, зерновозах), охране (данные о гербицидах и пестицидах, данные дронов).

Рисунок 1 Система Watson Decision Platform for Agriculture



Источник: Презентация работы системы

В июне 2023 года компания AGRIVI, глобальный игрок на рынке цифровых сельскохозяйственных технологий, выпустила собственную платформу AGRIVI Ed, обеспечивающую разумное и устойчивое управление посевами. Ed построен на базе WhatsApp с поддержкой более чем 50 языков. Платформа способна предоставлять экспертные консультации, советуя фермерам оптимальный выбор семян, рекомендуя подходящие средства защиты растений от конкретных вредителей или болезней, а также предоставляя информацию об удобрениях и регенеративных практиках. Кроме того, Ed может давать советы по страхованию, вариантам финансирования и методам, позволяющим добиться наилучшего качества урожая.

Помимо платформы консультанта, пакет решений компании AGRIVI также включает такие системы как AGRIVI 360 и AGRIVI IoT. Первая является единой платформой для всех сельскохозяйственных данных и управления процессами, способствующая эффективному планированию на основании агрономических, финансовых и операционных планов, принятию решений, основанных на состоянии посевов, погодных условиях, пестицидных рисках в режиме реального времени. AGRIVI IoT представляет комплекс вспомогательных систем по управлению автопарком сельскохозяйственной техники, данными метеостанций и почвенных сенсоров.

**Рисунок 2 Система AGRIVI Ed и AGRIVI 360**

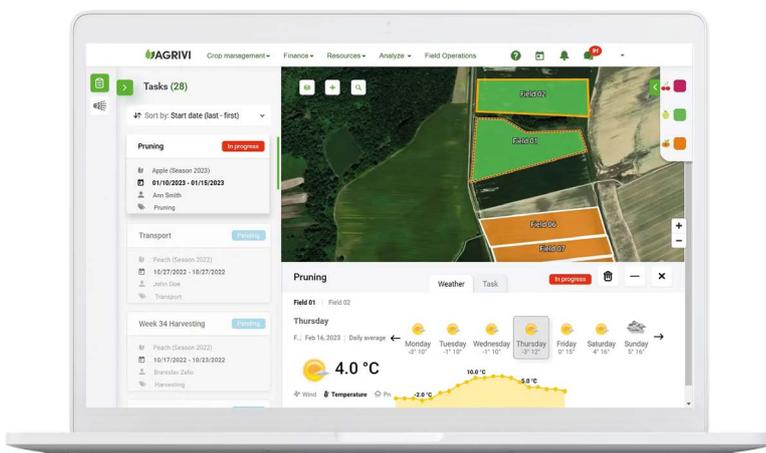
Источник: Презентация работы системы AGRIVI Ed и AGRIVI 360



**Использование цифровых двойников для оптимизации полевых испытаний**

Цифровой двойник — это цифровая модель или виртуальное представление реального физического продукта, системы или процесса. Они позволяют исследователям и конструкторам проводить эксперименты так, как будто они работают с его физическим аналогом, сокращая необходимость в дорогостоящих и трудоемких полевых испытаниях.

Например, в 2021 году австралийская компания Agromeye в рамках сотрудничества с Microsoft и австралийским государственным агентством по организации научных и промышленных исследований разработала платформу AgTwin, позволяющую создавать цифровых двойников фермерских хозяйств. Платформа использует карты ферм с высоким разрешением и технологии моделирования для создания цифровых двойников, которые отображают все необходимые данные, включая потоки воды на территории фермы и профили влажности почвы.



**Увеличение числа используемых автономных машин**

Умные машины, работающие на основе искусственного интеллекта, сегодня увеличивают свое распространение благодаря способности повышать эффективность, особенно когда речь идет об уборке урожая.

Root AI, американская исследовательская компания, занимающаяся созданием интеллектуальных роботов, недавно представила Virgo: робота, который наиболее приближен к человеку в мире сельского хозяйства. Его работа включает в себя несколько этапов, каждый из которых осуществляется с помощью различных передовых технологий. Virgo может деликатно собирать помидоры, не раздавливая их. Камера сканирует помидоры, компьютерное зрение определяет, спелые они или нет, датчики отличают листья от плодов, а роботизированная рука захватывает помидор и отправляет его в хранилище роботизированного устройства.

Французская VitiBot разрабатывает и производит электрические роботы для виноградников. Их основное назначение — механическая прополка, удаление листьев и опрыскивание.

FarmDroid — датская компания, предлагающая роботизированные решения для сельского хозяйства. Их главный продукт, FarmDroid FD20, — это универсальный робот, работающий на солнечных батареях, который может сеять и пропалывать различные культуры. Используя высокоточный RTK GPS, он отмечает местоположение культуры при посеве и впоследствии выполняет механическое уничтожение сорняков как

в ряду, так и между растениями внутри ряда. Уникальная точность при посеве позволяет очищать культуру плотную и тем самым минимизировать или полностью исключить необходимость ручной борьбы с сорняками. Четыре солнечные панели на верхней части робота вырабатывают энергию для блока батарей и обеспечивают до 24 часов ежедневной работы без выбросов CO<sub>2</sub>. Это устраняет необходимость во внешней зарядке аккумуляторов и позволяет поддерживать работу в поле в течение всего сезона.

Канадский стартап Nexus Robotics производит Le Chevre — робота, который обнаруживает и удаляет сорняки с полей. Робот использует алгоритмы глубокого обучения и камеры, чтобы отличать сорняки от сельскохозяйственных культур. Такой подход позволяет роботу правильно определять и удалять сорняки, не повреждая посевы. Он также собирает данные об условиях выращивания культур и позволяет фермерам использовать эти данные для принятия обоснованных решений.



Рисунок 3 Интеллектуальный робот Root AI (слева сверху), электрический робот VitiBot (справа сверху), автоматизированный полевой робот FarmDroid (слева внизу)

Источник: Презентация работы технологии [Root AI](#), [VitiBot](#) и [FarmDroid](#)

John Deere, один из крупнейших производителей тракторов в мире, представила полностью автономный трактор на глобальной выставке потребительской электроники 2022. Современные камеры обеспечивают обзор на 360 градусов, позволяя видеть объекты на местности и устанавливать дистанцию. Искусственный интеллект сортирует изображения и определяет, безопасна ли эта зона для проезда или нет, примерно за 100 миллисекунд.

Robotics Plus, инновационная новозеландская компания, в 2022 году представила многоцелевое беспилотное наземное транспортное средство, которое может управляться одним человеком-оператором в составе целого парка машин. Транспортное средство использует комбинацию систем технического зрения и других технологий, чтобы оценивать окружающую среду, оптимизировать задачи и обеспечивать интеллектуальное, целенаправленное применение собственных возможностей. Сельхозпроизводители могут чередовать несколько инструментов в зависимости от рабочего дня для выполнения таких работ, как опрыскивание, борьба с сорняками, моршение, скашивание и анализ урожая.

Raven Industries — американский поставщик технологий, предлагающий решения для точного земледелия, которые помогают фермерам максимально сократить время, повысить безопасность и эффективность. В ассортимент продукции компании входит Raven Cart – автоматизированный зерновоз, который может синхронизировать направление и скорость движения со шнеком комбайна. Это позволяет оператору комбайна взять на себя контроль над позиционированием собственного средства, обеспечивая бесперебойную работу комбайна.

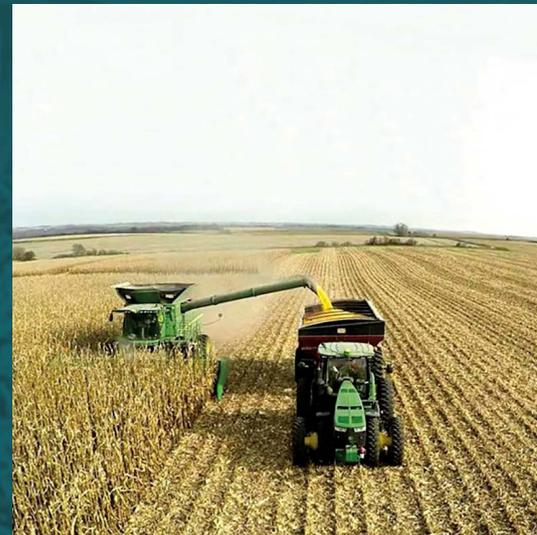


Рисунок 4 Автономный трактор John Deere (слева), многоцелевое беспилотное транспортное средство Robotics Plus (справа сверху), автоматизированный зерновоз Raven Industries (справа внизу)

Источник: Презентация работы технологии John Deere, Robotics Plus и Raven Industries

#### Увеличение числа вертикальных ферм, также называемых сельским хозяйством в контролируемых условиях

По некоторым оценкам, вертикальное земледелие в 100 раз продуктивнее на квадратный фут сельскохозяйственных угодий. Из-за структуры вертикальных ферм культуры обычно выращиваются без почвы.

Системы искусственного интеллекта и датчики используются для контроля и регулировки температуры внутри здания, уровня углекислого газа и кислорода, температуры корней и других важных показателей. Эти автоматизированные технологические решения снижают затраты вертикальных фермеров. Американская компания IGS (Intelligent Growth Solutions) утверждает, что их система позволяет сократить трудозатраты на 80%, а затраты на электроэнергию — на 50%.

iFarm — финская технологическая компания, создающая фермерские хозяйства в контролируемых условиях с использованием информационных технологий. Портфель продуктов компании включает в себя системы вертикального фермерства для выращивания широкого спектра культур: салатов, зелени, микрозелени, ягод, овощей. Компания работает с проектами крытых ферм площадью от 500 до 20 000 кв.м., предоставляя готовые к использованию системы, а также оказывает полную поддержку до и после создания фермы. Ключевой особенностью является интеллектуальное программное обеспечение для управления фермой iFarm Growtune, которое оптимизирует урожайность и повышает производительность фермы.

Pure Harvest — это агробизнес со штаб-квартирой в Объединенных Арабских Эмиратах, ориентированный на устойчивое круглогодичное производство свежих фруктов и овощей высшего качества. Компания использует передовые гидропонные технологии для выращивания различных культур в контролируемой среде, обеспечивая оптимальные условия выращивания независимо от погодных условий, с инновационными системами орошения, которые потребляют значительно меньше воды, чем традиционное сельское хозяйство, что позволяет экономить до 90% воды. Система также разработана таким образом, чтобы повторно использовать воду, сокращая ее потребление и сводя к минимуму отходы. Помимо экономии воды, Pure Harvest стремится сократить потребление энергии и использовать возобновляемые источники энергии. Вертикальные фермы компании спроектированы таким образом, чтобы свести к минимуму необходимость в искусственном освещении, сосредоточившись на максимальном использовании естественного света, а все используемые осветительные приборы являются энергоэффективными.

Компания Van der Hoeven (Нидерланды) специализируется на проектировании и строительстве индивидуальных садоводческих объектов по всему миру. ModulAIR — это полужакрытая теплица, в которой были устранены ограничения закрытых теплиц и найден оптимальный баланс между традициями и будущим. В ModulAIR используется коньковая вентиляция вместо традиционных мансардных окон. Это снижает теневое и ветровое воздействие и улучшает климат-контроль. Оптимизация входящих и выходящих потоков воздуха приводит к повышению уровня CO<sub>2</sub> и росту производства. В теплице также используется сетка от насекомых.



Рисунок 5 Вертикальные фермы Pure Harvest, iFarm, Van der Hoeven (слева направо)

Источник: Презентация ферм Pure Harvest, iFarm u Van der Hoeven

### Решения по управлению водными ресурсами

На долю сельского хозяйства приходится около 70% всего забора пресной воды в мире. Однако до 40% этой воды теряется в окружающей среде из-за испарения, плохого управления водными ресурсами и неэффективных ирригационных систем.

Сегодня агротехнологические компании работают над повышением производительности используемой воды и оптимизацией процесса управления водными ресурсами.

Почвенные карты и программное обеспечение позволяют фермеру корректировать нормы полива в зависимости от исходных показателей, погодных условий и плотности посадки. Также становятся популярными датчики влажности почвы, которые могут быть установлены в почве. Спутниковые датчики передают данные в приложение и предоставляют фермерам множество информации, чтобы они могли составлять эффективные графики полива.

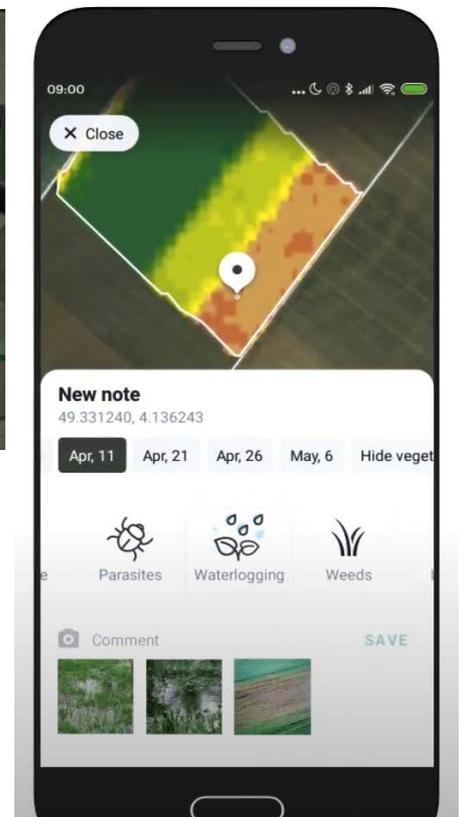
Некоторые технологические компании идут настолько далеко, что изменяют структуру воды, чтобы сделать ее более эффективным ресурсом. Швейцарская компания AQUA4D, специализирующаяся на водных технологиях, создала систему, которая изменяет физическую структуру воды. Очищенная вода лучше проникает в почву, более эффективна и оптимизирует орошение. Процесс не требует использования сточных вод и расходных материалов, что делает его абсолютно экологичным.

## Технологии точного земледелия

Точное земледелие – это технологический подход к управлению фермерским хозяйством, в рамках которого наблюдаются, измеряются и анализируются потребности отдельных полей и культур. Целью точного сельского хозяйства является повышение эффективности и производительности, снижение затрат и улучшение экологической устойчивости.

Компания OneSoil, изначально основанная в Беларуси, предлагает технологии, помогающие фермерам следить за полями и повышать урожайность. Продукт OneSoil состоит из приложения OneSoil, программы OneSoil Yield и OneSoil Global Analytics. OneSoil Yield – это платформа для оптимизации сельскохозяйственных ресурсов и улучшения урожайности. Программа определяет подходящие для точного земледелия поля, рассчитывает для них зоны продуктивности, создаёт карты для дифференцированного внесения с контрольными полосами и анализирует урожайность. OneSoil Global Analytics определяет алгоритмы работы платформы на основе собственных модулей машинного обучения.

Рисунок 6 Система OneSoil



Источник: Презентация работы системы [на компьютере, на телефоне](#)

## Сельскохозяйственные дроны становятся ключевым инструментом

Высокоспециализированные дроны имеют множество применений, которые могут повысить урожайность и автоматизировать сельскохозяйственные процессы. Например, беспилотники могут осуществлять мониторинг посевов при относительно небольшом участии человека. Дроны также используются для посадки семян, для опрыскивания посевов гербицидами и пестицидами.

Израильская Tevel Aerobotics — агротехнологическая компания, которая находится на передовом рубеже в области автономных дронов. Компания разработала летающих автономных роботов, которые собирают фрукты. Робот оснащен алгоритмами технического зрения, которые позволяют ему определять фрукты нужного размера и спелости до того, как он их соберет. Алгоритмы балансировки не позволяют ему сжимать фрукты слишком сильно.

Wakan Tech — оманский стартап, создающий дроны для воздушного опыления финиковых пальм. Они следят за состоянием посевов, а также оснащены инструментами для целенаправленного распыления пестицидов и пыльцы. Дроны оснащены технологиями искусственного интеллекта и компьютерного зрения для обнаружения вредителей и больных финиковых пальм. Это позволяет быстрее и точнее проводить опрыскивание, особенно в случае крупных фермерских хозяйств.



Рисунок 7 Дроны Tevel Aerobotics (слева), Wakan Tech (справа)

Источник: Презентация работы дронов Tevel Aerobotics, Wakan Tech



## Технологические решения для животных

Фермеры, занимающиеся животноводством, внедряют высокотехнологичные решения не реже, чем фермеры, занимающиеся растениеводством.

Автоматизированные системы доения — одно из решений, которое в последнее время привлекает много внимания. Хотя эта технология существует уже давно, фермеры (как правило, поздно пришедшие на рынок) только сейчас запускают ее на своих фермах.

Голландский производитель сельскохозяйственной техники и роботов Lely Industries, один из ведущих производителей роботов для молочного животноводства, предлагает автоматизированную систему доения Lely Astronaut. Система имеет проходную конструкцию, называемую концепцией I-flow, когда корове разрешается прямо входить и выходить из бокса, устраняя лишние препятствия. Более просторный бокс обеспечивает непрерывное взаимодействие с остальным стадом и меньший стресс у коровы. Позиция коровы все время точно отслеживается сенсорно без каких-либо прикосновений к ней. Робот способен подавать четыре вида корма. В начале процесса для очистки вымени используются щетки, обеспечивающие оптимальную гигиену и стимуляцию. Затем происходит мягкое и быстрое сканирование и прикрепление сосковых чашечек, которое имитирует поведение теленка. Качество молока постоянно измеряется, что позволяет быстро распознать и принять меры по снижению заболеваемости и улучшению здоровья животных. В конце сосковые чашечки снимаются по отдельности, и каждая четверть опрыскивается для обеспечения здоровья вымени.



Рисунок 8 Система Lely Astronaut

Источник: Презентация работы системы

Помимо систем доения все больше и больше молочных стад оснащаются датчиками для мониторинга здоровья и повышения продуктивности.

В 2017 году, нидерландская компания Connecterra выпустила интеллектуальный помощник для молочных ферм Ida в виде датчика, который надевается на корову в виде ошейника и позволяет превращать данные

о поведении животного в предикативную аналитику и практические рекомендации. Фермеры, в свою очередь, могут предоставлять обратную связь помощнику, чтобы он мог адаптироваться к конкретной ферме, типу стада и окружающей среде. Ida быстро развивалась, предоставляя все больше и больше данных для аналитики. Были добавлены функции, позволяющие точно определять время отела, ранжировать животных по их индивидуальной эффективности и отслеживать изменения в окружающей среде, такие как подстилка или корм. Способность Ida легко интегрироваться с другими программами для управления фермой способствовала дальнейшему внедрению и улучшению аналитических возможностей платформы.

Британское предприятие Well Cow разработала первое в мире автоматизированное устройство долгосрочного мониторинга pH и температуры в молочных стадах. Болюс размером с таблетку проглатывается коровой и остается в рубце, передавая по беспроводной связи данные с интервалом в 15 минут. Болюс может оставаться активным в рубце коровы до 120 дней. Использование устройства позволяет фермерам оптимизировать рацион для своего скота и, как следствие, повысить эффективность производства молока и рентабельность.

Mooscall, ирландская компания-разработчик инновационных технологий для молочного животноводства, предлагает датчик отела. Датчик крепится на хвост и позволяет следить за беременной коровой, чтобы точно определить, когда она отелится. Обычно за 1 час до отела датчик отправляет оповещение, чтобы гарантировать своевременное присутствие фермера.

Компания Afimilk, расположенная в Израиле, является одним из мировых лидеров в разработке и производстве передовых систем для современных молочных ферм и управления стадом. Ассортимент продукции компании включает в себя AfiCollar, шейный ошейник, который точно сигнализирует об определении жара и контролирует руминацию и прием пищи, и AfiAct II, датчик на ногу, который обеспечивает определение жара, идентификацию животных, предупреждение об отёле, учёт отдыха и общего самочувствия.

Ирландский стартап Cainthus (в 2021 году приобретенный американской агротехнологической компанией), специализирующийся на технологиях визуального распознавания и управления стадом крупного рогатого скота, разработал систему слежения, которая контролирует поведение коров — время, проведенное за едой, питьем и местами кормления в течение дня. Система способна выдавать оценку здоровья организма и в режиме реального времени сообщать фермерам о состоянии их скота, например, о весе, жире и даже о том, не хромотает ли животное.



Рисунок 9 Система Cainthus

Источник: Презентация работы системы (рисунок слева, рисунок справа)

Американская компания FarrPro предлагает Единую производственную систему, которая помогает фермерам создать идеальные условия в свинарнике. Ушные бирки, установленные на свиньях, передают данные о температуре тела, проблемном поведении и ранних признаках заболевания. У компании также есть специализированная система обогрева для недавно родившихся поросят и их матери. Программируемый термостат и датчик поддерживают оптимальный уровень тепла и сокращают потребление энергии на 50%. Система позволяет получать подробные данные, предотвращать вспышки заболеваний, сокращать использование антибиотиков и обеспечивать безопасность цепочки поставок белка.

### Пчелиное опрыскивание

Новая захватывающая разработка в области борьбы с болезнями — пчелиное опрыскивание. В технологии используется грибок природного происхождения, который помогает защитить сельскохозяйственные культуры от различных заболеваний. Раствор, содержащий грибок, помещается в улей с коммерческими пчелами, и пчелы впитывают раствор каждый раз, когда выходят из улья. Затем раствор распределяется пчелами по окружающим культурам и полям. Помимо повышения устойчивости к болезням, технология также улучшает рост растений и естественным образом продлевает срок хранения урожая. Все эти преимущества достигаются без использования химических пестицидов.

### Использование электронной коммерции для помощи фермерам

В последние годы крупнейшие китайские технологические гиганты внедряют и тестируют технологические решения в сельском хозяйстве. Поскольку сектор в Китае в основном основан на небольших семейных фермах, а во многих случаях он все еще остается довольно старомодным, рекламные мероприятия электронной коммерции — один из способов, наиболее часто используемых интернет-гигантами для поддержки сельскохозяйственных продаж, с помощью которых они привели миллиарды потребителей к заинтересованным фермерам, способствуя процветанию. В прошлом году в рамках фестиваля шопинга Singles Day компания JD.com запустила кампанию по продвижению 300 000 высококачественных сельскохозяйственных товаров из 2 000 населенных пунктов и промышленных зон по всей стране. Tmall от Alibaba выступил с инициативой «купить еще один сельскохозяйственный продукт», призывая продавцов выкладывать сельскохозяйственный продукт на полку в каждом прямом эфире. Pinduoduo направила онлайн-трафик на высокотехнологичные сельскохозяйственные продукты, субсидируя некоторые из них в рамках своей инициативы «10 миллиардов сельскохозяйственной продукции». Помимо национальных фестивалей шопинга, платформы также запустили мероприятия, ориентированные на фермеров. Теперь у всех компаний электронной коммерции есть свои собственные варианты рекламных акций в поддержку фермеров, такие как «Фестиваль сельскохозяйственных товаров» JD.com, «Сезон урожая богатых полей» Douyin, «Сезон урожая богатых земель» Alibaba и «Сезон потребителей золотой осени» Pinduoduo.

Интерес интернет-компаний также лежит в области цифрового сельского хозяйства или автоматизированного выращивания — использования машин для ведения сельского хозяйства, принятия и реализации решений.



# ПРИЛОЖЕНИЕ 6. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Анализ международных тенденций в области машиностроения подготовлен на основании следующих публикаций:

- Информационных публикаций и отчетов компании Deloitte – «Accelerating smart manufacturing», «Tech Trends 2024»;
- Информационных публикаций и отчетов компании McKinsey & Company – «What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?», «A road map for Europe's automotive industry»;

а также информации открытых отраслевых порталов и игроков, в том числе:

- STEM Search Group, американская компания по подбору технического персонала для высокотехнологичных и быстрорастущих компаний;
- SmartTek Solutions, международная компания по разработке программного обеспечения из списка Fortune 500;
- Global Cybersecurity Alliance, некоммерческая организация, занимающаяся разработкой и внедрением стандартов, сертификаций, образовательных программ и защитных мероприятий в области кибербезопасности и др. источников.

На основании анализа указанных источников, для глобального сектора машиностроения (автомобилестроения, как одного из подсекторов машиностроения) были выявлены следующие технологические тренды, описанные далее.

## Анализ больших данных

Работа с большими данными в автомобильной промышленности предполагает сбор и анализ больших и сложных массивов из различных источников. Среди распространенных методов сбора больших данных в автомобильной промышленности — автомобильные датчики, GPS и навигационные системы, социальные сети и отзывы клиентов.

Uptime AI, американский поставщик программного обеспечения для предприятий тяжелой промышленности, предлагает одноименный сервис Uptime AI – программное обеспечение для мониторинга промышленных предприятий в различных отраслях на основе искусственного интеллекта. Программа осуществляет мониторинг каждого датчика и оборудования на предприятии, непрерывно наблюдая за производственной линией, и использует различные встроенные алгоритмы для выявления проблем до того, как они приведут к материальному ущербу или повлияют на качество.

Datamyte, еще одна американская компания, предоставляющая решения по обеспечению операционного контроля на производстве, предлагает DataMetrics — платформу для анализа данных и формирования отчетов в режиме реального времени. Интерфейс поддерживает универсальный сбор данных в ручном, полуавтоматическом, автоматизированном и портативном режимах с размещением в единой центральной базе данных. Простые в построении отчеты обеспечивают полную видимость процесса и оптимизацию производства. Платформа также предоставляет возможность устанавливать параметры безопасности, контролировать доступ и осуществлять полное отслеживание для надежной защиты данных.

## UptimeAI: Advanced Visualizations

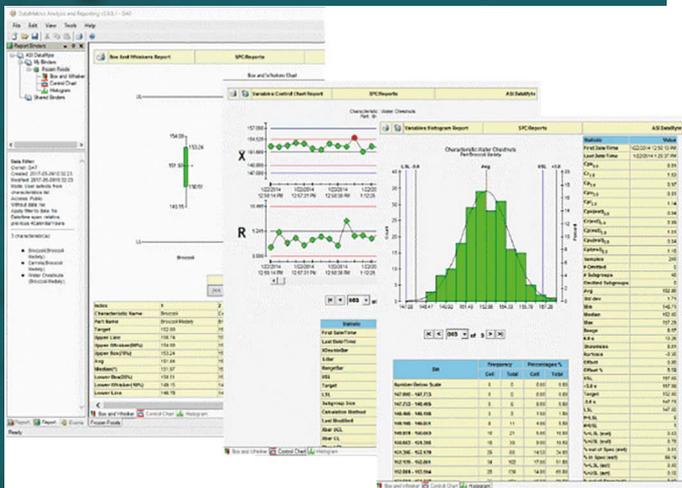
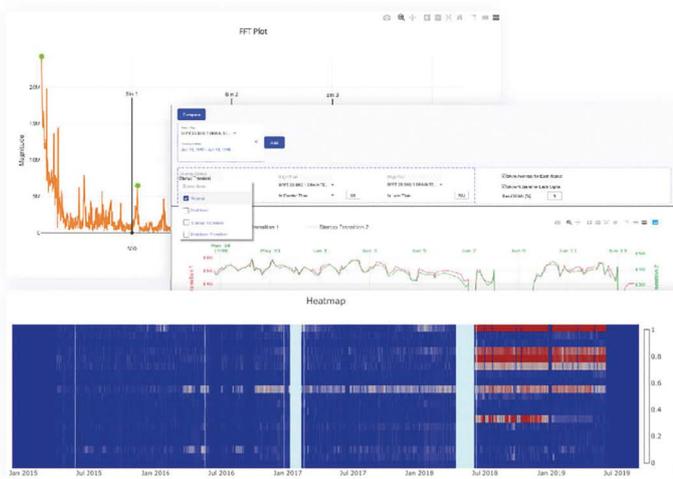


Рисунок 10 Системы Uptime AI (сверху), DataMetrics (снизу)

Источник: Презентация работы систем Uptime AI, DataMetrics

## Автономные роботы

Автомобильная промышленность одна из самых быстрых и крупных отраслей, внедряющих промышленные робототехнические технологии. Роботы так или иначе используются практически во всех сферах автомобильного производства. Наиболее распространены областями применения роботов в автомобильной промышленности являются сборка, покраска, сварка, отделка и резка, перенос деталей.

Крупнейшие автопроизводители, такие как Ford, General Motors, Mercedes-Benz и BMW, используют на своих заводах коботов (совместных роботов, которые безопасно работают вместе с людьми в общем рабочем пространстве).

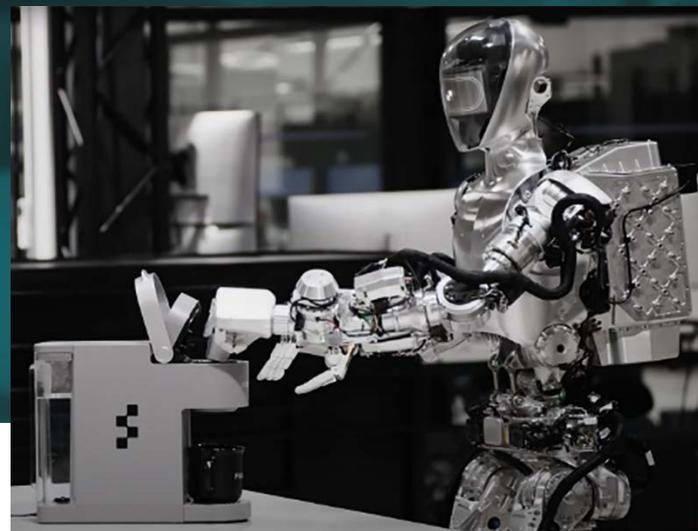
Universal Robots — датский производитель небольших промышленных роботов совместного действия. В перечень продукции компании входят около 6 машин с различными параметрами: полезной нагрузкой, весом, габаритами. Роботы оснащены специальным вращающимся торцевым соединением на фланце, что позволяет напрямую присоединять инструменты.

В конце января 2024 года BMW заявила о подписании соглашения с калифорнийской робототехнической компанией Figure о поставке человекоподобных роботов общего назначения на завод в США, Южной Каролине. Согласно пресс-релизу, «первая фаза» соглашения между компаниями будет включать в себя определение «начальных примеров использования роботов Figure в автомобильном производстве». BMW утверждает, что роботы будут использоваться для автоматизации трудных, небезопасных или утомительных задач на протяжении всего производственного процесса, что позволит работникам сосредоточиться на навыках и процессах, которые невозможно автоматизировать.



Рисунок 11 Роботы Universal Robots (слева), Figure (справа)

Источник: Презентация работы роботов *Universal Robots, Figure*



Необходимо также отметить, что для автомобильного производства стремление к повышению степени автономности характерно и для конечного продукта.

Одной из основных компаний-новаторов в области автономных, а также электрических автомобилей считается американская компания Tesla. Компания представила функцию полуавтономного управления автомобилем в конце 2015 года. На данный момент система автономного вождения Tesla все еще находится на 2 уровне: автомобиль помогает в определенных ситуациях, но водитель должен быть бдительным и готовым взять управление на себя в любой ситуации. Уровни автономии 4 и 5 гораздо более продвинуты, включая такие сценарии, как ввод навигационных инструкций в автомобиль, а затем погружение в сон, пока машина сама довозит до места назначения. Mercedes-Benz уже предлагал самоуправление уровня 4 в Германии, но только в одном крайне ограниченном сценарии, в то время как уровень 5 еще не предлагался ни одной компанией в серийных автомобилях.

Основной конкурент Tesla в Китае – BYD – в конце 2023 года получил условную лицензию на тестирование автономного вождения третьего уровня на скоростных дорогах. Однако компания придерживается мнения, что технология полностью автономного вождения невозможна с учетом потребностей человека в психологической безопасности, принципов этики и регулирования.

Несмотря на это, в сентябре 2023 года в пригородном пекинском районе Ичжуан официально разрешено местным операторам роботакси — в первую очередь Baidu и стартапу Pony.ai — взимать плату за проезд в полностью автономных такси, внутри которых нет ни одного человека. Это полностью исключает расходы на водителя. Ранее коммерческие роботакси, предназначенные для общественного пользования, должны были иметь сотрудника, который сидел бы внутри вместе с пассажиром. Район Ичжуан находится примерно в получасе езды от центра Пекина и является домом для таких корпораций, как JD.com. Ранее город также объявил о планах по увеличению испытательного полигона для роботакси.

Тренд автоматизации машин также прослеживается и в сельскохозяйственной отрасли. В то время как полностью самоуправляемые автомобили продолжают разрабатываться и тестироваться, американская компания John Deere предлагает полностью беспилотные тракторы для работы на ферме. Впервые полностью автономный трактор John Deere был представлен на выставке в 2022 году. Трактор оснащен аппаратным оборудованием, состоящим из массива камер и блока с чипами Nvidia, работающих на искусственном интеллекте и машинном обучении, которые передают данные в системы, что позволяет средству принимать решения. Американская корпорация Caterpillar, специализирующаяся на производстве строительной и горнодобывающей техники, давно признана лидером в области автономных самосвалов. Компания разраба-

тывает и поддерживает крупнейший в мире парк автономных самосвалов, которые перемещаются по шахтным площадкам без участия оператора. Технология позволяет самосвалам ориентироваться в ландшафте, понимать и реагировать на окружающую обстановку. В настоящее время более 590 таких машин — каждая размером примерно с двухэтажный дом — работают на 25 шахтах по всему миру.

Рисунок 12 Трактор John Deere (слева), самосвал Caterpillar (справа)



Источник:  
Презентация машин John Deere, Caterpillar

### Симуляция

Симуляция может быть чрезвычайно полезна для автомобильной промышленности. Существует множество областей применения: от раннего концептуального проектирования отдельных деталей до высокотехнологичного моделирования краш-тестов автомобиля, комфорта в салоне, аэродинамики и всех видов терморегулирования в двигателе и не только.

Engineering Simulation and Scientific Software (ESSS) — бразильская многонациональная компания, предлагающая передовые средства автоматизированного проектирования в области гидродинамики, конструктивного анализа, электромагнетизма и мультифизики. Ansys позволяет корректировать и улучшать проектирование в режиме реального времени, проводить испытания на столкновение, удар и пробивание, наезд и безопасность водителя, анализировать жидкостные явления в пространстве, моделировать высокочастотные электромагнитные явления и т.д.

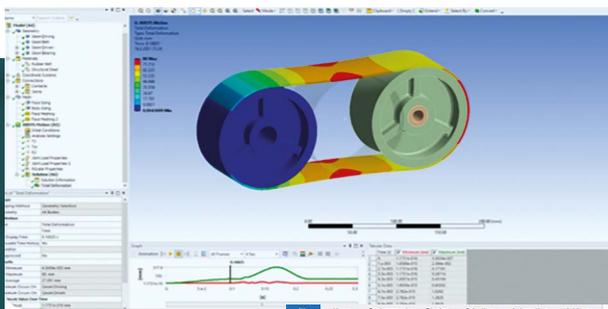


Рисунок 13 Система моделирования Ansys

Источник: Презентация работы системы  
(рисунок слева, рисунок снизу)



## Системная интеграция

Интегрированные системы управления позволяют компаниям эффективно планировать, организовывать и контролировать свои бизнес-процессы.

Компания Axelор является одним из поставщиков программного обеспечения по интеграции систем автомобильного производства. Платформа Axelор — это пакет бизнес-приложений с открытым исходным кодом, который объединяет в себе ключевые инструменты для цифровой трансформации. Платформа предлагает более 1 500 готовых к использованию коннекторов и обеспечивает интеграцию и управление цепочкой поставок, производством, финансами, научно-исследовательской деятельностью, кадровыми ресурсами и т. д.

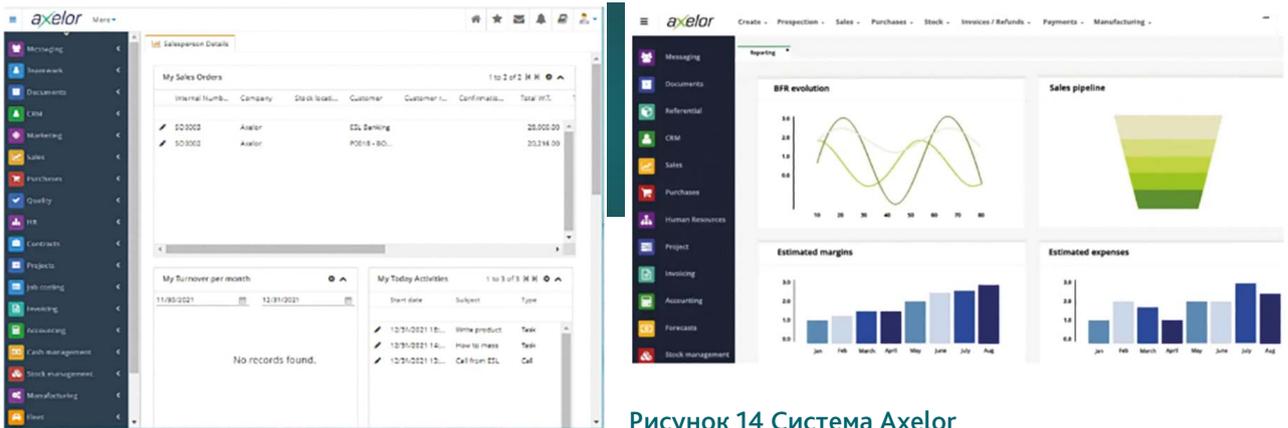


Рисунок 14 Система Axelор  
Источник: Презентация работы системы

## Интернет вещей

Интернет вещей – концепция, подразумевающая сеть подключенных устройств, которые обмениваются собранными данными. Для автомобильной промышленности это открыло множество возможностей для внедрения новых услуг, таких как улучшенные навигационные системы и повышенная безопасность.

Американская Omnitracс разрабатывает универсальные решения по телематике, маршрутизации и видеобезопасности. Телематика, в частности, предоставляет данные о транспортных средствах: положение, показатели управления автомобилем – такие как скорость, резкость торможения, расход топлива. Таким образом, подобные системы позволяют водителю узнать, если с автомобилем что-то не так, помогают корректировать манеру вождения с помощью контроля скорости, оптимизировать маршрут.

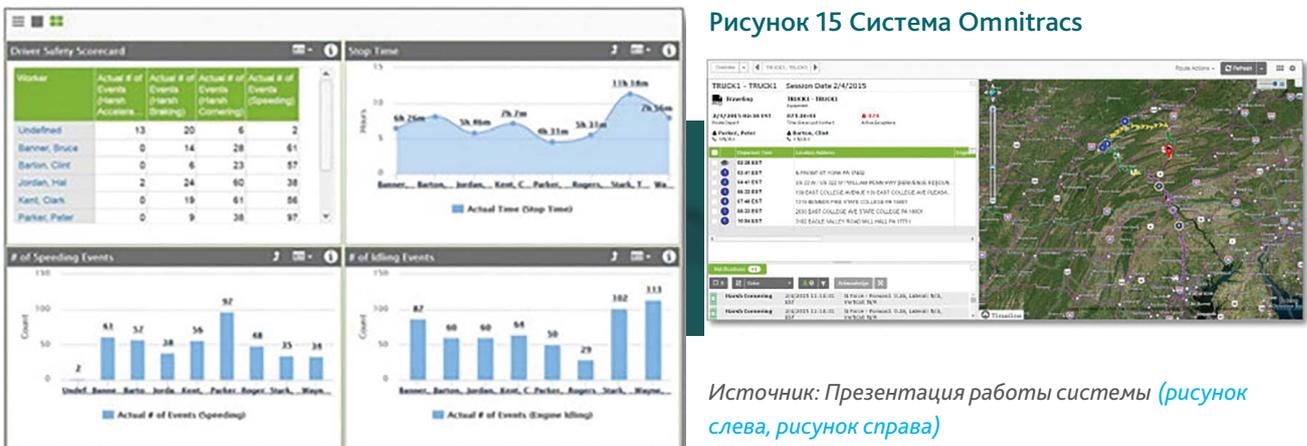


Рисунок 15 Система Omnitracс

Источник: Презентация работы системы (рисунок слева, рисунок справа)

## Кибербезопасность

В наши дни автомобили все чаще оснащаются различными программными системами и сервисами, такими как онлайн-обновления, Bluetooth, LTE, WiFi и другими. Больше возможностей подключения означает больше рисков для кибербезопасности автомобиля в целом.

Nvidia Corporation — американская транснациональная технологическая компания, процессоры данных которой используются Tesla, Mercedes-Benz, Audi, Toyota, Volkswagen и другими компаниями в том числе для защиты самоуправляемых автомобилей. Процессоры позволяют делать выводы на основе искусственного интеллекта и отслеживать в реальном времени каждый сервер, пакет, пользователя и машину. Модель обработки естественного языка (NLP) определяет, произошла ли утечка конфиденциальной информации, например, паролей и закрытых ключей, позволяет обнаружить мошенничество, выявить попытки фишинга, определить и остановить вредоносные программы.

## Облачные вычисления

Облачные вычисления для автомобильного сектора предлагают автопроизводителям масштабируемую и адаптируемую платформу для хранения, обработки и анализа огромных объемов данных.

Salesforce, американская компания по производству облачного программного обеспечения, предлагает специализированное облачное решение для автомобильной промышленности (Automotive Cloud) на базе своей платформы Salesforce Customer 360. Консоль пользователя обеспечивает полный обзор всех взаимодействий с клиентом, начиная с истории просмотров и покупок и заканчивая сервисными визитами. Консоль автомобиля обеспечивает быстрый доступ к важной информации об автомобиле, такой как пробег и рыночная стоимость, а также предложения по обслуживанию и ремонту в режиме реального времени. Облако облегчает сотрудничество с ритейлерами благодаря модулю управления эффективностью работы с партнерами. С помощью искусственного интеллекта и аналитики облако позволяет создавать специально разработанные приборные панели с интеллектуальной автоматизацией и подробным анализом эффективности продаж и жизненного цикла клиента.

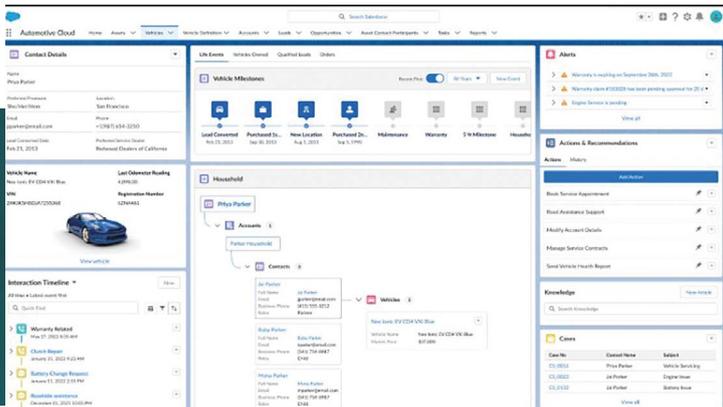
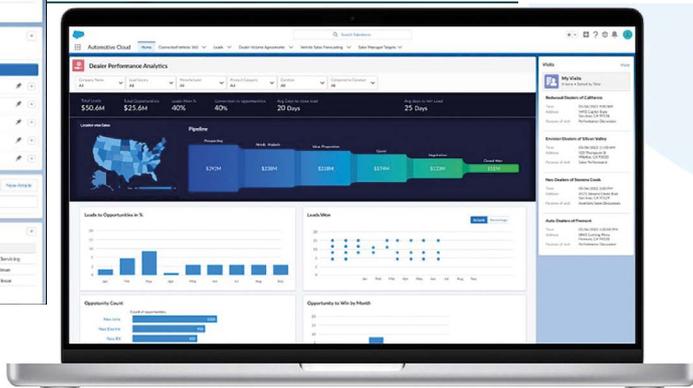


Рисунок 16 Система Automotive Cloud  
Источник: Презентация работы системы



## Аддитивное производство

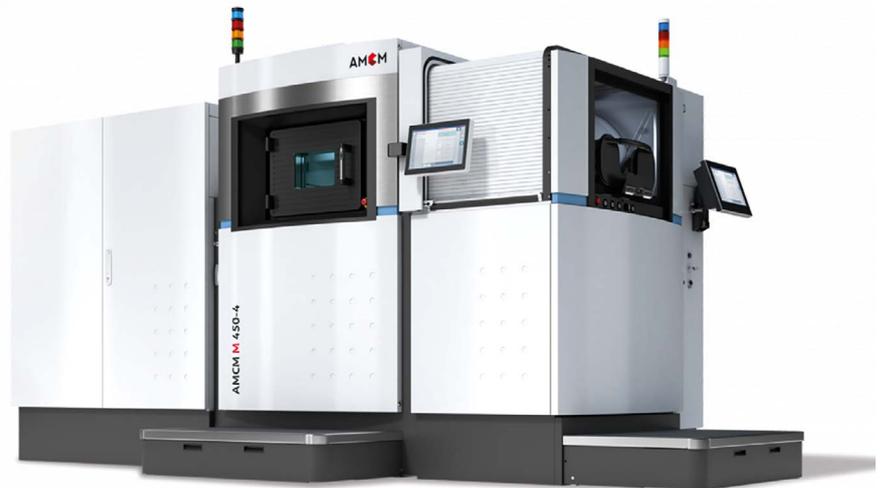
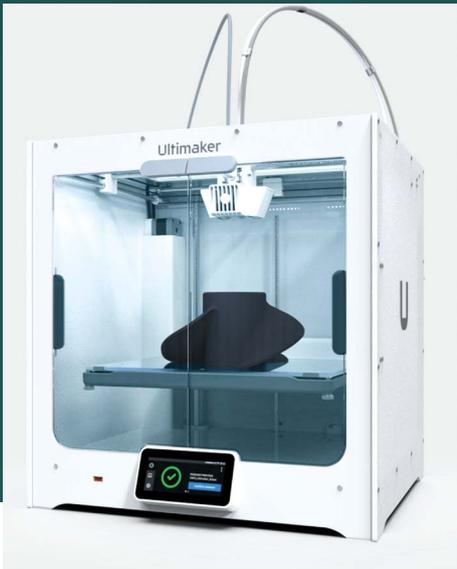
3D-печать находит все большее применение во всех областях автомобильного производства. Помимо широкого применения для быстрого создания прототипов, технология также используется для производства оборудования и, в некоторых случаях, конечных деталей.

Volkswagen уже несколько лет использует 3D-печать на собственном производстве. В 2014 году компания начала пилотное использование настольных 3D-принтеров Ultimaker для производства инструмента на заводе Volkswagen Autoeuropa в Португалии. После успешного эксперимента Volkswagen практически полностью перевел производство инструмента на 3D-печать.

Компания Ford также использует технологии 3D-печати в производстве автокомпонентов и комплектующих. Как правило, автомобили будут иметь одну блокирующую гайку на колесо, чтобы предотвратить его удаление без специального ключа. Но эти гайки могут быть сломаны, поэтому Ford печатает образцы на 3D-принтере, которые невозможно так просто клонировать. Используя 3D-принтеры от EOS, Ford создает замки, используя индивидуальный шаблон для каждого клиента, что обеспечивает дополнительный уровень безопасности.

Рисунок 17 Принтеры Ultimaker (слева), EOS (справа)

Источник: Презентация 3d-принтеров Ultimaker, EOS



### Дополненная реальность

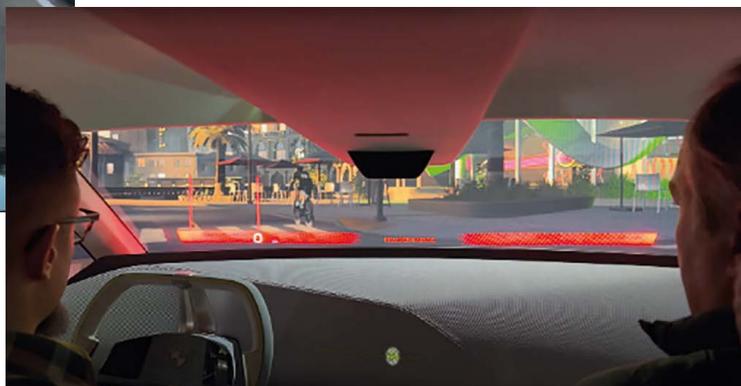
Дополненная реальность — это новый мощный инструмент для автопроизводителей и водителей. По мере того как автомобильная промышленность продолжает внедрять инновации, появляется множество возможностей использовать технологию AR для создания более увлекательного и интерактивного опыта.

Компания BMW одной из первых начала использовать дополненную реальность в автомобильной промышленности. В начале 2010 года они продемонстрировали концепцию HUD (дисплей на лобовом стекле) – отображение с помощью проектора на передней панели всех важных для вождения данных, поступающих от системы управления. В 2023 году компания представила концепт, в котором все лобовое

стекло может быть использовано в качестве HUD. Идея заключается в том, чтобы позволить водителю не отвлекаться от дороги и исключить необходимость смотреть вниз на дисплей. BMW намерена установить дисплей на все лобовое стекло в автомобилях с 2025 года.



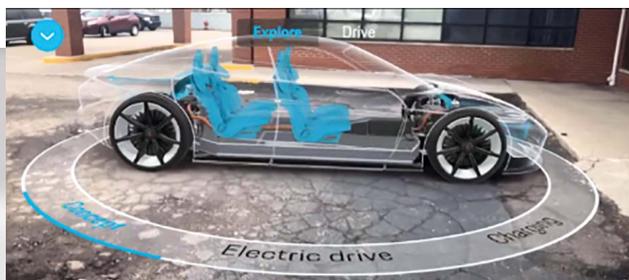
Рисунок 18 Изначальная концепция дисплея на лобовом стекле (слева), концепция дисплея в 2023 году (справа)



Источник: Открытые источники  
(рисунок слева, рисунок справа)

В 2018 году компания Porsche запустила приложение «Mission E Augmented Reality» (Миссия E – дополненная реальность), которое можно бесплатно использовать на смартфонах под управлением iOS и Android. Компания использует это AR-приложение для продвижения своих электронных спорткаров. В режиме «Explore» (Изучение) пользователи AR-приложения могут ознакомиться с концептом и рассмотреть дизайн автомобиля с помощью 3D-визуализации. А в режиме «Драйв» — пройти захватывающий тест-драйв в дополненной реальности.

Рисунок 19 Приложение Mission E Augmented Reality



Источник: Презентация работы приложения

# ПРИЛОЖЕНИЕ 7. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Анализ международных тенденций в строительстве подготовлен на основании следующих публикаций:

- Информационных публикаций и отчетов компании Deloitte – «Tech Trends 2024», «2024 engineering and construction industry outlook», «Building cybersecurity in the construction industry»;
- Информационных публикаций и отчетов компании McKinsey & Company – «What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?»;

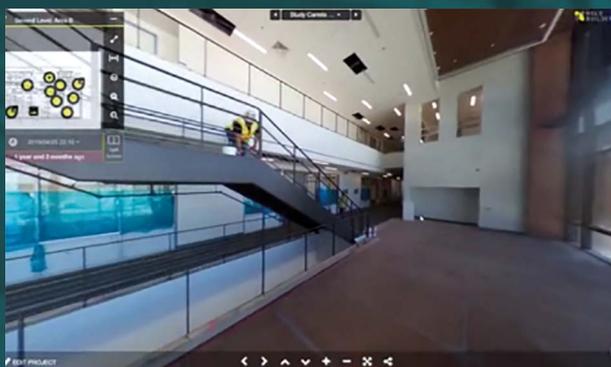
а также информации открытых отраслевых порталов и игроков, в том числе:

- Epicflow, Амстердамская компания по разработке программного обеспечения, использующая машинное обучение и предиктивную аналитику;
- AEC Business — частная инвестиционная компания из Ванкувера, целью которой является приобретение и управление компаниями-платформами в сфере инфраструктуры, инжиниринга и строительства;
- Ассоциация строительного маркетинга (СМА), профессиональная группа, ориентированная на поддержку маркетологов в строительстве.

## Анализ больших данных

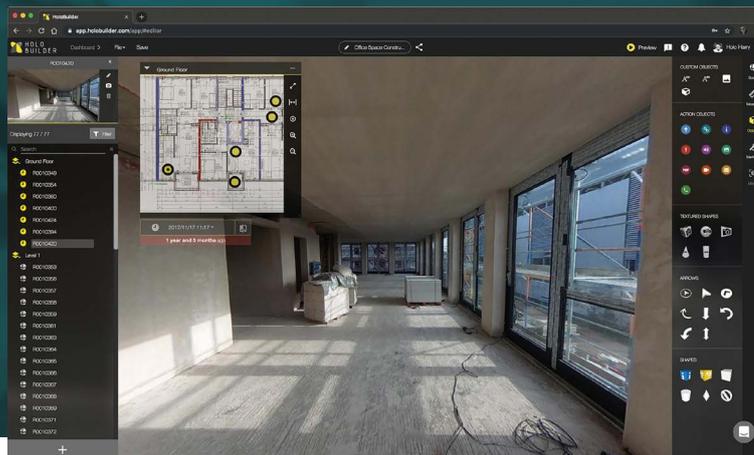
Работа с большими данными в строительстве — это сбор, анализ и использование огромных объемов данных, генерируемых в процессе строительства. Одним из наиболее значимых наборов данных в строительстве является график реализации проекта.

HoloBuilder — это американская интеллектуальная платформа корпоративного уровня для документирования и анализа хода работ в формате 360° для строительных бригад. Платформа предоставляет доступ к строительной площадке в формате 360° из любого места и позволяет проанализировать ход работ с помощью ИИ, а также сохранить все необходимые документы и цифровые активы в упорядоченном цифровом архиве.



Источник: Презентация работы платформы  
(рисунок слева, рисунок справа)

Рисунок 20 Платформа HoloBuilder



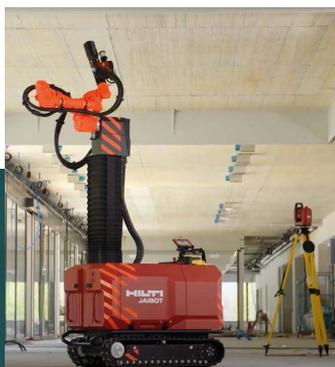
### Автономные роботы

Использование роботов в строительной отрасли в последние годы резко возросло благодаря нескольким важнейшим факторам: роботы могут работать непрерывно, точность операций превосходна, интеграция роботов радикально улучшила условия безопасности, роботы являются надежным решением в условиях дефицита рабочей силы.

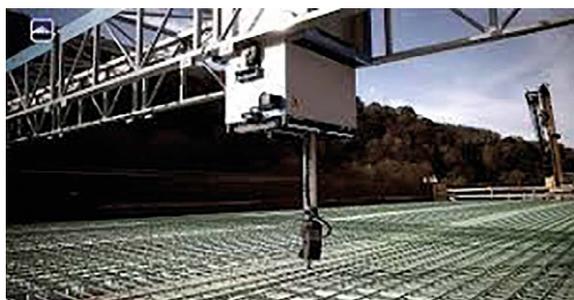
Строительных роботов можно разделить на три основные категории: полуавтономные, полностью автономные и телеуправляемые роботы.

Полуавтономные роботы требуют определенного участия человека, но могут самостоятельно выполнять поставленные задачи. Например, полуавтономный робот SAM (Semi-Automated Mason) американской Construction Robotics может укладывать кирпичи с невероятной скоростью, в то время как человек контролирует процесс и решает сложные задачи. Такой совместный подход позволяет повысить эффективность и точность работы.

Полностью автономные роботы могут выполнять задачи без вмешательства человека от начала до конца. Примером этой категории является Jaibot компании Hilti (Лихтенштейн), робот для сверления потолков. Запрограммированный с учетом специфики работы, Jaibot может сверлить отверстия для электропроводки по заранее заданному шаблону. Его датчики и функции безопасности обеспечивают работу в рамках заданных параметров, значительно сокращая человеческий труд и риски, связанные с ручным сверлением.



Телеуправляемые роботы управляются операторами дистанционно, часто с безопасного расстояния. Примером такого класса может служить автономный робот для вязки арматуры TyBot от американской Advanced Construction Robotics. Пока человек-оператор контролирует и направляет его действия, TyBot выполняет



опасную и повторяющуюся задачу по связыванию арматуры, повышая безопасность и эффективность на строительной площадке.

Рисунок 21 Роботы SAM (слева), Jaibot (по центру), TyBot (справа)

Источник: Презентация роботов SAM, Jaibot и TyBot

Также необходимо отдельно отметить такие технологии, как экзоскелеты и дроны.

Экзоскелеты, также известные как носимые (надеваемые) роботы, повышают силу, выносливость и точность человека. Например, EksoVest — это надеваемый экзоскелет американской компании Ekso Bionics, используемый в строительстве. Он помогает поднимать тяжелые материалы и снижает риск травм, тем самым повышая безопасность и производительность на строительных площадках.

Дроны, хотя и не считаются традиционно «роботами», также стали важной частью строительного процесса. Они используются для обследования строительных площадок, инспекций и контроля за ходом работ. Например, DJI Phantom 4 RTK китайской DJI — это беспилотник, предназначенный для точной воздушной съемки в строительной отрасли.

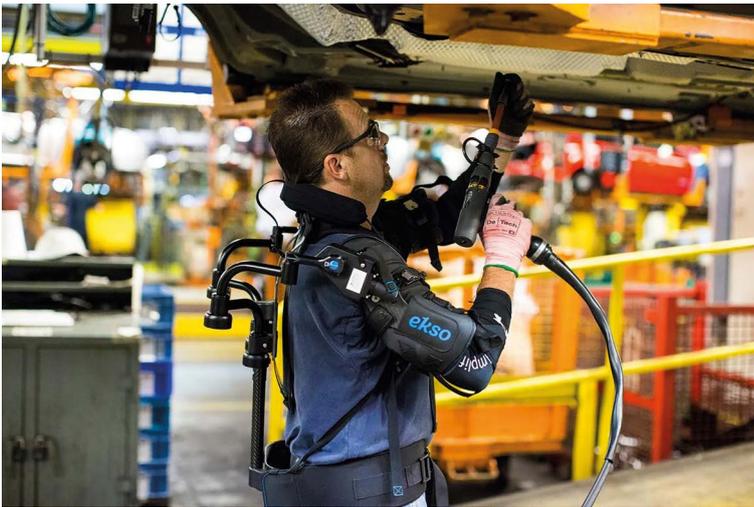


Рисунок 22 Экзоскелет EksoVest (слева) и дрон DJI Phantom 4 RTK (справа)  
 Источник: Открытые источники (рисунок слева, рисунок справа)

## Симуляция

Симуляционное программное обеспечение для строительства – это специализированные программы, которые позволяют моделировать различные аспекты строительного процесса: создавать виртуальные модели зданий, проводить тестирование различных сценариев и анализировать данные до начала физического строительства.

Autodesk — американская транснациональная корпорация по разработке программного обеспечения и мировой лидер в области технологий проектирования, специализирующийся на архитектуре, инженерии, строительстве, дизайне, производстве. AutoCAD является флагманским программным обеспечением компании в области компьютерного проектирования САПР (Система автоматизированного проектирования) и, наряду с программой трехмерного проектирования Revit, используется в основном архитекторами, инженерами и конструкторами для проектирования, черчения и моделирования зданий и других сооружений во многих областях и применяется в проектах от Всемирного торгового центра до электромобилей Tesla.

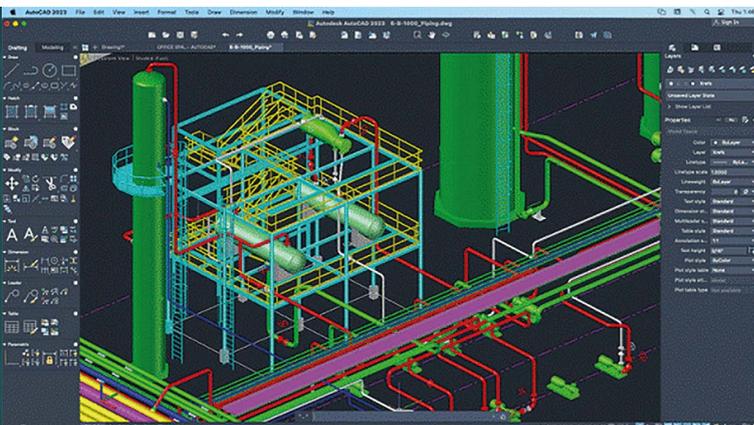
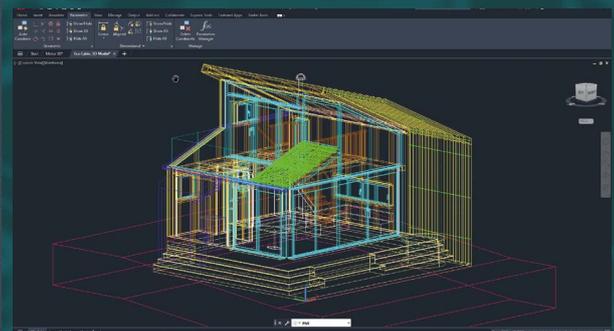


Рисунок 23 Проектирование в системе AutoCAD



Источник: Презентация работы системы (рисунок слева, рисунок справа)

## Интернет вещей

Строительство умных домов, умных автомобилей и умных городов глубоко связано с концепцией Интернета вещей. Например, в умных домах есть интегрированные системы, которые подключены к центральному хабу или приложению для смартфона, чтобы управлять такими параметрами, как освещение, температура, домашняя безопасность и развлекательные системы. В основе концепции Интернета вещей как раз лежит объединение устройств вокруг одного контроллера. Кроме того, для оптимизации энергопотребления, снижения затрат, повышения безопасности датчики в доме собирают необходимые данные и повышают функциональность бытовых приборов. В концепции умных городов технологии интегрируются в различные аспекты управления городом, такие как водоснабжение, организация дорожного движения, утилизация отходов, общественная безопасность и образование, чтобы не только повысить качество жизни жителей, но и оптимизировать использование ресурсов.

Одним из примеров «умного дома» является экосистема Google, которая работает через приложение Google Home и Google Ассистента. Она взаимодействует с устройствами Google для умного дома, которые называются Google Nest (включая умные колонки, умные дисплеи, потоковые устройства, термостаты, датчики дыма, маршрутизаторы и системы безопасности, умные дверные звонки, камеры и умные замки), а также с рядом других устройств. Кроме того, экосистема прекрасно синхронизируется с другими продуктами Google (gmail, поиск и т. д.).

Brainport Smart District (BSD) — это район умного города в городе Хелмонд, Нидерланды. Цель Brainport Smart District — внести свой вклад в создание уникальной концепции устойчивого проживания. Жители BSD выращивают друг для друга еду, производят собственную энергию, утилизируют отходы, пользуются транспортными средствами друг друга и контролируют все данные, которые они производят в процессе. Это своего рода высокотехнологичная коммуна, смешанная коммерческая застройка, высокотехнологичная ферма, но построенная на государственные и коммерческие деньги. Вселенная BSD представлена как основа для обмена данными и информацией, которая может повысить эффективность ландшафтов, зданий и общественных пространств, обеспечивая при этом бесперебойную связь. Район также является полигоном (живой лабораторией) для разработки и тестирования новых продуктов, услуг и систем, стремясь к созданию нового умного района, который не будет вредить, загрязнять или истощать планету.



Рисунок 24 Brainport Smart District  
Открытые источники

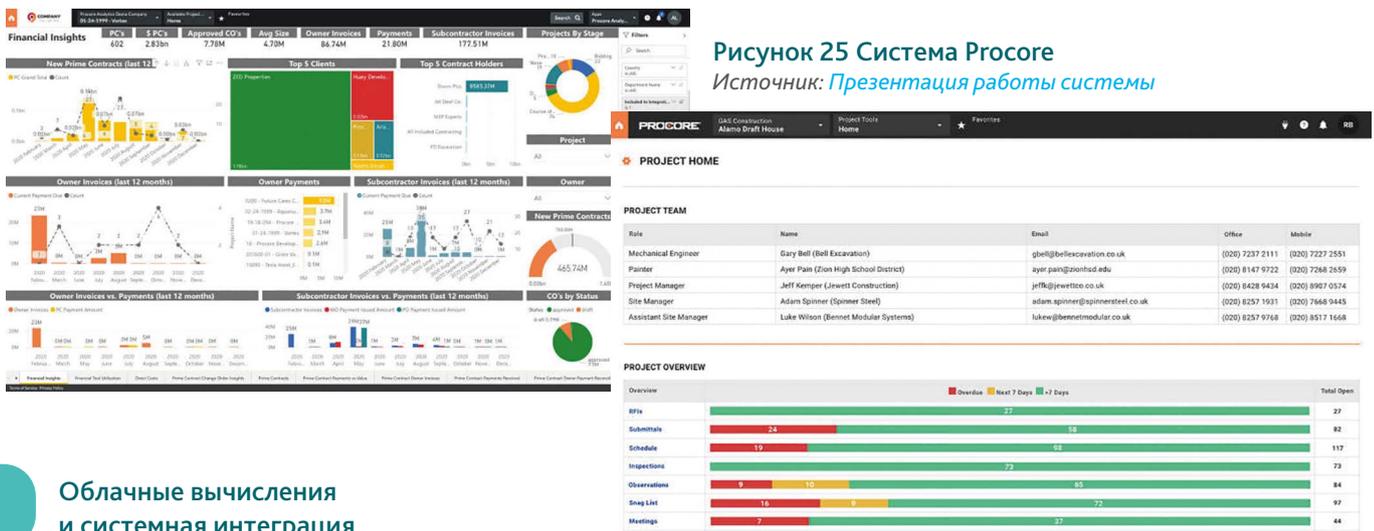
## Кибербезопасность

В течение многих лет строительная отрасль казалась почти неуязвимой для кибернетических угроз из-за того, что в ней хранится ограниченное количество личной информации. Однако в глобальном исследовании, проведенном британской компанией Sophos, специализирующейся на программном и аппаратном обеспечении безопасности, по результатам опроса 3 000 ИТ специалистов в 2023 году строительная отрасль оказалась на втором месте среди секторов, наиболее подверженных атакам вымогательских про-

грамм. На основании исследования Sophos, в начале 2023 года 71% компаний, занимающихся строительством и недвижимостью, недавно столкнулись с атаками вымогателей, что на 129% больше за два года. Эти организации также в подавляющем большинстве случаев сообщали о потере бизнеса и доходов в результате таких инцидентов. Публично торгуемая компания Marcus & Millichap, занимающаяся инвестициями в недвижимость, в конце 2021 года сообщила, что подверглась атаке кибербезопасности. Компания незамедлительно привлекла экспертов по кибербезопасности для защиты и восстановления всех важных систем и смогла сделать это без существенных сбоев в своей деятельности.

Подрядчики и сотрудники часто используют программное обеспечение для управления строительными проектами, чтобы отслеживать статус контракта и общаться с субподрядчиками и внешними поставщиками. Данные, передаваемые по этим сетям, представляют собой цель для кибератак. Поэтому программное обеспечение для управления проектами должно быть проверенным и содержать самые современные меры безопасности.

Procore от американской компании Procore Technologies — одна из лучших программ для управления строительными проектами. Она предлагает инструменты для коллективной работы, работы с документами и финансами в режиме реального времени и предназначена для архитекторов, менеджеров и подрядчиков. Программное обеспечение соответствует мировым стандартам конфиденциальности, предлагает многоуровневую защиту и надежный набор систем безопасности и защиты данных. Компания постоянно проверяет все свои приложения на наличие уязвимостей и исправлений, применяет контрмеры для предотвращения и пресечения действий злоумышленников.



**Облачные вычисления и системная интеграция**

Программное обеспечение для управления строительными проектами позволяет эффективно сотрудничать, координировать и планировать выполнение задач, составлять бюджеты и выставять счета, вести документооборот и многое другое. Эти решения призваны помочь командам эффективно отслеживать проекты от концепции до завершения.

Облачные вычисления дают строительным компаниям возможность сократить расходы как на аппаратное, так и на программное обеспечение. Благодаря отсутствию необходимости в обширной инфраструктуре на предприятии появляется возможность значительно сократить капитальные вложения.

Autodesk BIM 360 от американской компании Autodesk — это облачная унифицированная платформа для строительной отрасли. Платформа разработана и создана с использованием лучших в своем классе практик облачного программного обеспечения и на базе Amazon Web Services (AWS), мирового лидера в области облачной инфраструктуры. Встроенные функциональные решения включают управление проектами, безопасностью, совместную работу над проектом, управление документацией, качеством, затратами и предиктивную аналитику на основе искусственного интеллекта, представленную в виде удобных для чтения развернутых отчетов и дашбордов.

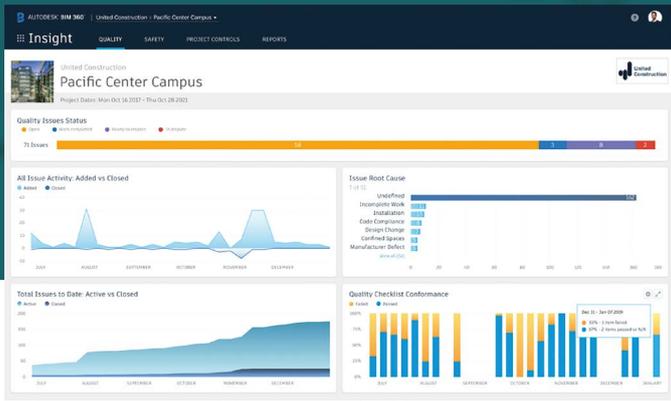
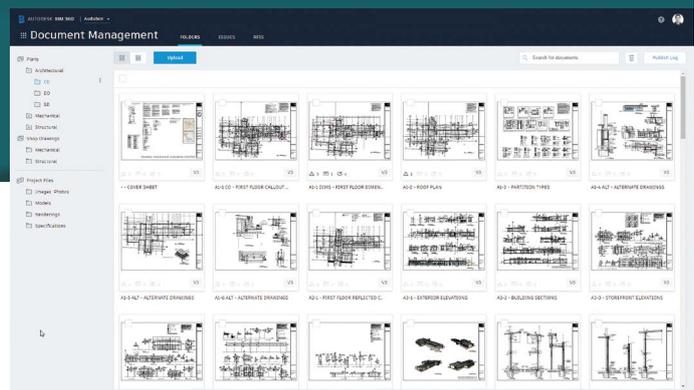


Рисунок 26 Система Autodesk BIM 360  
 Источник: Презентация работы системы (рисунок слева, рисунок справа)



### Аддитивное производство

Системы 3D-печати, созданные специально для строительства, обычно называют строительными 3D-принтерами. Проект обычно начинается с создания цифровой 3D-модели сооружения, которое необходимо построить. Модель виртуально нарезается на слои. Затем печатный робот или порталная система по заранее запрограммированной траектории наносит каждый слой материала, отслеживая контуры слоев и выдавливая материал до тех пор, пока не заполнит весь срез. Как только один слой завершен, начинается следующий, и так продолжается до тех пор, пока не будет построена вся конструкция. Для создания структуры могут использоваться такие материалы, как бетон, металл или полимеры.

COBOD — датская компания, мировой лидер в области решений для строительной 3D-печати. Строительный 3D-принтер COBOD BOD2 — это порталный принтер, специально разработанный для бетонной печати больших 3D-объектов на месте. Принтер позволяет оператору перемещать печатающую головку, которая выдавливает строительный материал, в трехмерном пространстве. Таким образом, принцип порталной установки позволяет принтеру получить доступ к любой точке в пределах области печати.

Рисунок 27 Строительный 3D-принтер COBOD BOD2



Источник: Презентация принтера (рисунок слева, рисунок справа)



### Дополненная реальность

Использование технологий дополненной реальности в строительной отрасли имеет множество преимуществ. Но главное преимущество — это возможность визуализировать конечный результат еще до завершения строительства. Такой подход упрощает планирование, исключает ошибки и снижает стоимость строительства.

Информационное моделирование зданий (BIM) использует 3D-моделирование, информационные технологии и сочетание программного обеспечения для проектирования, строительства и эксплуатации здания, а также для передачи информации о его деталях. BIM содержит не только общую модель здания, но и схему расположения трубопроводов, электрических коммуникаций, текстурных данных и т.д. Строители могут быстро получить доступ к этой информации с помощью технологий дополненной и смешанной реально-

сти. Приложения для строительства позволяют накладывать сгенерированные компьютером изображения из программ САПР (Система автоматизированного проектирования) или BIM (Информационное моделирование зданий) на видение пользователем реального мира, в результате чего получается составное или дополненное изображение.

Компания GAMMA AR из Люксембурга является одним из разработчиков приложения, позволяющего использовать дополненную реальность для визуализации проектов из систем информационного моделирования зданий. Приложение использует технологии дополненной реальности для наложения трехмерных информационных моделей зданий на строительные площадки с помощью смартфонов или планшетов. Для использования платформы необходимо подключиться к проекту в программах 3D-моделирования и загрузить модель объекта непосредственно в приложение без необходимости использования опорных точек, QR-кодов или маячков.



**Рисунок 28 Приложение GAMMA AR**  
 Источник: Презентация работы системы