

**КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**
SAFETY CULTURE AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS
DEVELOPMENT OF PLACEMENT TERRITORIES
NUCLEAR INDUSTRY FACILITIES

УДК 338.24 : 351.862.6 : 621.039

DOI 10.26583/gns-2023-01-09

EDN GUYDHY

**ЦИФРОВЫЕ ТРЕНДЫ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2023 Мария Владимировна Головки¹, Александр Николаевич Сетраков²,
Светлана Васильевна Волгина³, Владимир Григорьевич Ткачев⁴

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

²Волгодонский филиал ФГКОУ ВО «Ростовский юридический институт Министерства внутренних дел
Российской Федерации, Волгодонск, Ростовская обл., Россия

^{3,4}Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

¹golovko178@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4835-9800>

²aleksandr-maior@inbox.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5599-440X>

³SVVVolgina@mephi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3425-8627>

⁴VGTkachev@mephi.ru

Аннотация. В данной статье обоснованы преимущества цифровизации для стратегического развития промышленных предприятий. Определяются основные направления цифровой трансформации всех бизнес-процессов. Рассматривается опыт и представлены ключевые результаты реализации стратегии технологического развития машиностроительного дивизиона ГК «Росатом», особенности атомной энергетики как объекта управления.

Ключевые слова: цифровые технологии, атомное энергетическое машиностроение, промышленные предприятия, экономическая эффективность, АО «Атомэнергомаш», атомная энергетика, ГК «Росатом», атомные электростанции.

Для цитирования: Головки М.В., Сетраков А.Н., Волгина С.В., Ткачев В.Г. Цифровые тренды в стратегическом развитии предприятий атомного энергетического машиностроения // Глобальная ядерная безопасность. – 2023. – № 1(46). – С. 104-115
<http://dx.doi.org/10.26583/gns-2023-01-09>.

Поступила в редакцию 09.12.2022

После доработки 10.02.2023

Принята к публикации 21.02.2023

Достаточно широкое распространение на современном этапе получили вопросы исследования преимуществ цифровизации для целей обеспечения экономической эффективности хозяйствующих субъектов. Многочисленные исследования посвящены изучению положительного воздействия цифровых технологий на производительность труда, на оптимизацию издержек бизнеса, на создание инновационных рабочих мест, на повышение эффективности логистических, маркетинговых, производственных и других бизнес-процессов [1], что формирует конкурентные преимущества предприятий

в целом. Ряд экспертов полагают, что рациональная автоматизация процессов может стать механизмом обеспечения экономической безопасности [2]. В то же время отмечаются и негативные последствия цифровизации, связанные с необходимостью усиления контроля законности использования объектов интеллектуальной собственности, защиты информационных ресурсов и преодоления информационной асимметрии [3-5].

Консалтинговая компания «Gartner» в 2021 г. определила наиболее актуальные стратегические тренды в сфере цифровых технологий (рис. 1). В период коронавируса многие предприятия столкнулись со сложностями. Однако те хозяйствующие субъекты, которые до момента обострения эпидемиологической обстановки использовали актуальные технологии, получили возможности быстрого развития и усиления конкурентных позиций. В сфере промышленного производства эти технологии были связаны с автоматизацией и цифровизацией производственных процессов.

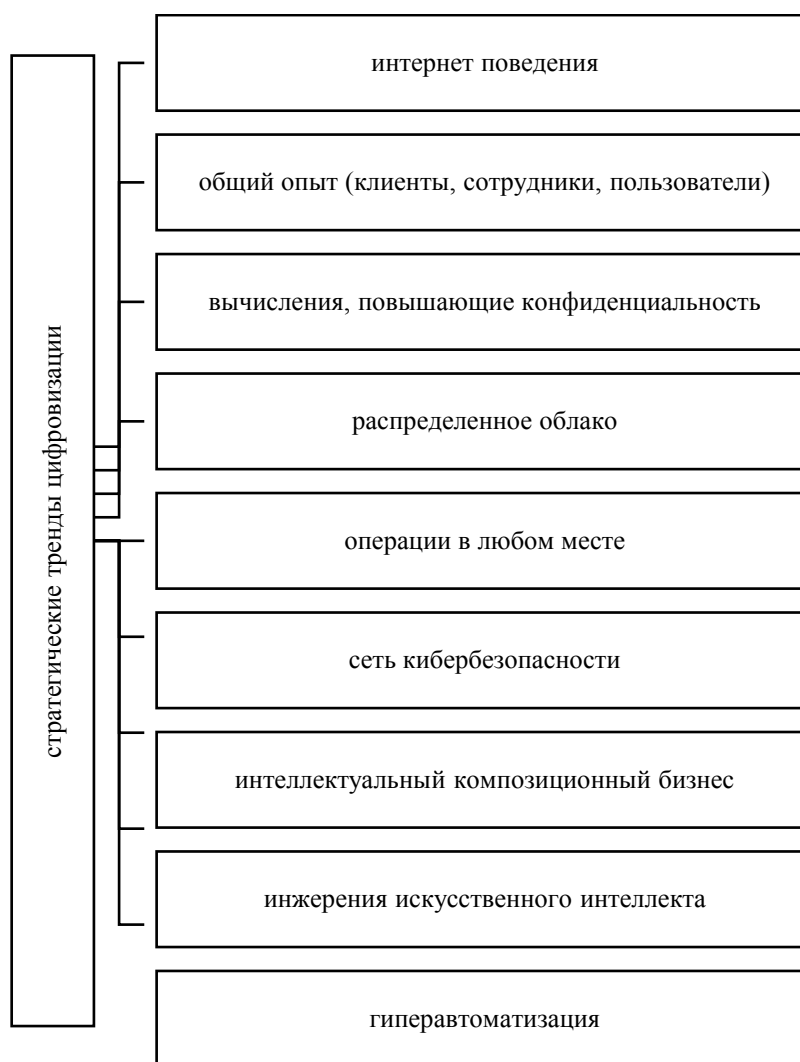


Рисунок 1 – Тренды цифровизации в 2021 г. по оценкам компании «Gartner» (составлено по [6])
[Digitalization trends in 2021 as estimated by Gartner (compiled from [6])]

Наибольшие преимущества в результате интеграции инструментов цифровизации в систему управления, безусловно, получают те предприятия, которые обладают развитой материально-технической базой, а также достаточными финансовыми возможностями для ее модернизации согласно тенденциям развития информационно-коммуникационных технологий. Тем не менее, основные направления, в рамках

которых осуществляются цифровые трансформации ведущих предприятий страны, могут стать определенным ориентиром для остальных экономических субъектов, вне зависимости от масштабов деятельности.

Так, в качестве приоритетов деятельности ГК «Росатом» определяет активное технологическое развитие и повышение эффективности. Миссией ГК «Росатом» является усиление геополитического влияния России за счет развития ГК «Росатом» на мировых высокотехнологичных рынках. Таким образом, видно, что в качестве желаемого конкурентного преимущества не только корпорации, но и страны в целом, обеспечивающим экономическую безопасность, заложено достижение лидерских позиций на технологических рынках. В стратегических целях это также нашло отражение: увеличение рыночной доли на международных рынках; снижение себестоимости производимой продукции и сроков протекания процессов; разработка и производство новых продуктов для российского и внешнего рынков.

Традиционные сферы деятельности ГК «Росатом», связанные с атомной энергетикой и ядерными технологиями, по-прежнему актуальны и рентабельны, однако, стратегия диверсификации и экспансии на внешние рынки является необходимым условием экономического развития корпорации в силу ограниченной емкости старых рынков. В результате происходит активное освоение направления «Новая энергетика» (в частности, ветроэнергетика), а также развитие неэнергетических направлений, в том числе, не связанных с атомной энергетикой. Среди них такие, как ядерная медицина и диагностика, лазеры и оптические системы, системы охраны и безопасности, робототехника, аддитивные технологии, предиктивная аналитика, искусственный интеллект и другие, связанные с необходимостью освоения цифровых технологий.

В то же время технологическую модернизацию деятельности госкорпорации, равно как и национальной экономики, сложно представить без формирования современной и производительной машиностроительной отрасли/дивизиона, которая бы соответствовала стандартам Индустрии 4.0. Одним из важнейших факторов развития процессов цифровизации в машиностроении является то, что практически все крупные российские предприятия организованы и функционируют по единым стандартам и применяют единые стандарты представления информации о жизненном цикле производимой продукции:

- СРПП – Национальный стандарт «Система разработки и постановки продукции на производство»;
 - ЕСКД – Единая система конструкторской документации;
 - ЕСТД – Единая система технологической документации;
 - ЕСТПП – Единая система технологической подготовки производства
- и др. [7, 8]

В результате подобной стандартизации для целей цифровизации необходимо обеспечить возможность создания проекта цифровой трансформации предприятий машиностроения, который бы обладал возможностями конфигурации в соответствии со специфическими особенностями каждого хозяйствующего субъекта, осуществляющего изменения.

В качестве еще одного значимого фактора развития концепции цифровизации российских предприятий можно отметить накопленный опыт (как отечественный, так и зарубежный) управления производством, одним из элементов которого является «бережливое производство», «синхронизация производственных потоков». Этот опыт должен быть положен в основу разработки цифровых технологий, внедряемых в системы управления производством. Эксперты отмечают необходимость создания и внедрения на предприятиях программно-информационной платформы на основе межотраслевых стандартов и требований к управлению производственными и бизнес-процессами на производстве.

Разработка и внедрение централизованной системы управления инженерными данными позволит добиться следующих преимуществ:

- повысит качество формирования требований к ресурсному обеспечению;
- обеспечит прозрачность и открытость предприятий для выстраивания кооперационных связей;
- станет основой для развития концепций расширенного предприятия и гибридного производства;
- обеспечит получение выгод заказчиками продукции промышленных предприятий при возможности валидации заявленных ресурсных потребностей для реализации проектов в рамках госзаданий, а также за счет формирования открытой среды для разработки и реализации проектов в сфере информационно-коммуникационных технологий для промышленных предприятий.

Другим аспектом цифровизации предприятий машиностроения является разработка стратегии внедрения технологий перевода в цифровой формат всего перечня необходимой конструкторской документации и технологической подготовки производства, что позволяет ускорить все процессы, включая организацию труда, и обеспечить конкурентные преимущества. Здесь находят применение комплексы систем автоматизированного проектирования (далее – САПР), баз данных и экспертных систем поддержки решения технологических задач. В современных условиях ужесточения внешнеэкономической и внешнеполитической обстановки, особое значение приобретают отечественные продукты в сфере программного обеспечения – «КОМПАС-3D», «Вертикаль», «ЛОЦМАН-PLM», «СПРУТ-Технологии» и др., которые дают возможность реализации сквозной интегрированной программно-информационной среды повышения эффективности подготовки производства [7]. Опции управления конфигурацией изделия позволяют быстро изменять конструкцию, модифицировать ее в соответствии с изменениями требований заказчика. В частности, это возможно осуществить с применением платформы PLM (Product Lifecycle Management) – «ЛОЦМАН:PLM». Технологии 3D-проектирования позволяют создавать цифровой образ изделия («КОМПАС-3D»), позволяют своевременно выявлять все недочеты и ошибки, изменять геометрию. Рассмотренные примеры являются одним из проявлений цифровой экономики [9].

Рассмотрим, каким образом в стратегии развития машиностроительного дивизиона ГК «Росатом» – АО «Атомэнергомаш» обозначены направления цифровой трансформации, которые создадут возможности увеличения выручки. В 2018 г., в рамках 10-го Международного форума, АО «Атомэнергомаш» и GeneralElectric (GE) был подписан Меморандум о взаимопонимании в области внедрения цифровых технологий в производстве. Согласно данному меморандуму, было запланировано развитие стратегического сотрудничества в области интеграции цифровых технологий в промышленное производство с целью обеспечения экономической и производственной эффективности, развития удаленного, с помощью дистанционных технологий, сервисного обслуживания производимого оборудования, оптимизации техпроцессов и загрузки станочного парка, повышения скорости принимаемых решений, разработки новых продуктовых решений для клиентов. Было принято решение о запуске пилотного проекта в производственных условиях Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонске. Начатое сотрудничество в современных условиях претерпевает определенные сложности, прогнозировать их развитие крайне затруднительно, однако, определенные достижения уже есть и могут быть положены в основу новых стратегических решений на базе отечественных технологий, получающих импульс развития в условиях кризиса.

Цифровизация постепенно переходит из современного тренда в необходимую для обеспечения экономического развития стратегию на всех уровнях экономики – от макро- (государства), до микро- (предприятие) и нано-уровня (уровень отдельной личности, человека). Национальная программа «Цифровая экономика», согласно данным Аналитического центра при Правительстве РФ, вовлекла в процессы практически все отрасли и сферы деятельности. Число госкоманий, разрабатывающих и внедряющих стратегию цифровизации выросло почти вдвое (с 25% до 48% в 2021 г.). В 2019 г. АО «Атомэнергомаш» разработал программу цифровизации в соответствии с целями цифровой стратегии ГК «Росатом», ориентируясь на цифровизацию управленческих и производственных процессов и дополнение цифровым «контентом» продукции для заказчиков. В таблице 1 представлены основные результаты цифровизации АО «Атомэнергомаш» за 2019 год.

Таблица 1 – Основные результаты реализации стратегии цифровизации АО «Атомэнергомаш» в 2019 г. (составлено по [10]) [Key results of Atomenergomash digitalization strategy in 2019 (compiled from [10])]

Наименование проекта	Площадка	Ключевые результаты
Проект системы базовых информационных сервисов с обеспечением доступа к информации из различных точек системы, в т.ч. расположенных за рубежом (для международного бизнеса и проектов)	АО «Атомэнергомаш»	Создан коммуникационный портал для обмена данными vCloud, 1 C:CRM, BI Qlik Sense между ОКУ (в том числе иностранными)
Формирование системы разработки и движения управленческой отчетности и визуализации данных (BI) для дивизиона	АО «Атомэнергомаш»	Цифровизация процессов бизнес-планирования портфеля заказов (1 C:CRM, QLIKSense)
Внедрение Информационной системы управления предприятием АО «АЭМ-технологии»	АО «АЭМ-технологии»	Запуск в промышленную эксплуатацию осуществлен в АО «АЭМ-технологии» и его филиалах
Внедрение системы управления производственными процессами (MES – Manufacturing Execution System) в Петрозаводском филиале АО «АЭМ-технологии»	АО «АЭМ-технологии», филиал АО «АЭМ-технологии» «Петрозаводскмаш»	Внедрен элемент системы – подсистема «Создание графиков загрузки рабочих центров» Создано мобильное приложение, позволяющее управлять графиком загрузки, обеспечивать выдачу сменно-суточных заданий и отмечать их фактическое выполнение
Проект внедрения системы управления рисками, предполагающей их актуальный реестр по бизнес-направлениям и функциональным системам	АО «ОКБМ Африкантов»	Разработана система управления рисками и возможностями, которая применяется для разработки и актуализации реестра проектных рисков бизнес-направлений и реестра рисков функциональных систем
Реализация проектов по автоматизации производства	АО «ОКБМ Африкантов»	Оптимизирован и переведен в электронный вид процесс запуска изделий в производство

«Цифровое» производство предполагает моделирование производственного цикла в виртуальной среде, аккумуляция информации о функционировании его элементов в режиме реального времени и автоматизированное управление всеми параметрами. Важное значение имеет сведение к минимуму воздействия человеческого фактора, способного привести к чувствительным паузам в работе или к аварийной ситуации. Усложнение технических устройств, крупные масштабы деталей приводят к необходимости работы с огромными массивами данных, что требует не просто автоматизации процессов, а сквозной цифровизации промышленного производства. Так,

в частности, в АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС» вся разработка проектно-конструкторской документации переведена в цифровой формат. Экономия времени и экономических ресурсов заключается в том, что для разработки технического проекта реакторной установки требуется порядка 36 месяцев в около 3 тыс. документов для каждого проекта. Сегодня в электронном архиве собрано более 50 тыс. документов, цифровой формат которых облегчает и их хранение, и поиск, и обработку. Результаты реализации проекта цифровизации дивизиона за 2020 г. представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные результаты реализации стратегии цифровизации АО «Атомэнергомаш» в 2020 г. (составлено по [11]) [Key results of Atomenergomash digitalization strategy in 2020 (compiled from [11])]

Наименование проекта	Ключевые результаты
Внедрение системы мониторинга производственного оборудования Машиностроительного дивизиона ГК «Росатом», предполагающей подключение к ней всех ключевых единиц оборудования. Интеграция информационного обеспечения выполняется управляющей компанией	Проведен конкурс и заключен договор с исполнителем проекта. Осуществлена проработка технических параметров проекта. Получено финансирование (грантовая поддержка) в объеме 50% от стоимости проекта
Внедрение автоматизированной информационной системы управления требованиями, конфигурацией и изменениями Машиностроительного дивизиона ГК «Росатом». Используется при производстве и поставке оборудования для предприятий атомной отрасли, включая зарубежных заказчиков	Подготовлена и прошла согласование проектная документация. Разработаны и формализованы бизнес-процессы работы системы, подготовлены документы и объекты для проведения приемо-сдаточных мероприятий. Проводится подготовка к обучению пользователей системы.
Организация «цифровых коммуникаций» дивизионов АО «ТВЭЛ» и АО «Атомэнергомаш» в контуре PLM (product lifecycle management system) для взаимодействия ОКБМ и предприятий ТВЭЛ. В рамках проекта предполагается обеспечить обмен конструкторской документацией и данными в различных цифровых форматах для формирования единой цифровой среды управления жизненным циклом изделий организациями, входящими в контур сотрудничества	Приемо-сдаточные испытания проведены. Система подготовлена к опытной эксплуатации. Обеспечена возможность обмена составляющими цифровой модели при сквозном процессе разработки и реализации проектов
Цифровизация процесса обеспечения производственной и кадровой безопасности АО «АЭМ-технологии» (видеоаналитика средств индивидуальной защиты, интеллектуальная система контроля за соблюдением регламентов по охране труда и перемещением сотрудников в рабочей зоне)	Проект запущен на пилотных объектах
Проект внедрения системы математического и имитационного моделирования, не зависимой от импорта программного обеспечения (АО «ОКБМ Африкантов» и АО «АЭМ-технологии»)	Запущена пилотная эксплуатация расчетного комплекса «ЛОГОС»
Реализация проектов по автоматизации производства	Проведена оцифровка и оптимизация процесса запуска изделий в производство. Осуществляется диспетчеризация производственных процессов, процессов автоматизированного раскроя деталей, на специализированных терминалах аккумулируется информация о фактах завершения заданий в смене

В 2021 г. были достигнуты следующие результаты:

- завершен проект 2020 г., направленный на мониторинг эксплуатации промышленного оборудования;

- с целью повышения эффективности контроля за исполнением управленческого бюджета и оперативности формирования отчетности создана система бюджетирования и подготовки сводных данных по деятельности дивизиона;
- созданы цифровые двойники проектируемых атомных реакторов на предприятии АО «ОКБМ Африкантов»;
- реализованы проекты управления производственными процессами на предприятиях АО «ЦКБМ» и АО «АТМ»;
- в управляющей и ряде других компаний АО «Атомэнергомаш» внедрены эффективные механизмы управления проектной деятельностью [12].

В 2022 г. предприятия машиностроительного дивизиона столкнулись как с традиционными, так и нетривиальными задачами, обусловленными новой реальностью. В то же время определенные достижения в области цифровизации есть. Так, на предприятиях АО «Атомэнергомаш» в гг. Подольске, Волгодонске, Петрозаводске, Нижнем Новгороде, Санкт-Петербурге, внедрена система мониторинга производственного оборудования (СМПО), разработчиком которой является отечественная группа компаний «Цифра» [13]. Данная система дает возможность за счет установленных на станках блоков и датчиков осуществлять контроль за состоянием (температура, давление, вибрация, нагрузка), загруженностью и производительностью станков в режиме реального времени, мониторинг за коэффициентом эксплуатационной готовности, распределять простои, оповещать о возникновении внештатных ситуаций, фиксировать неполадки, выявлять причины их появления. Проект являлся приоритетным для дивизиона, поэтому был реализован гораздо раньше запланированного срока – за один год вместо двух. Информация аккумулируется и доступна в разрезе предприятий, цехов и отдельных станков. Это позволяет формировать базу данных для эффективной аналитики и принятия решений по оптимизации процессов, сокращению простоев, увеличению объемов производства. По оценкам экспертов, оптимальное изменение загрузки оборудования на 1% может позволить достичь эффекта, исчисляемого миллионами рублей. При этом бюджет проекта – 197,7 млн. руб., 95 млн. руб. из которых составляют средства Фонда «Сколково» в рамках национальной программы «Цифровая экономика РФ».

Еще одним проектом цифровизации стало создание на производственной площадке АО «ЗиО-Подольск» цифрового двойника при разработке реакторной установки РИТМ-200 для четвертого серийного ледокола «Чукотка». С помощью данного цифрового двойника осуществлялись расчеты динамики внутренних процессов, испытания системы управления, благодаря чему появилась возможность сократить цикл разработки новых реакторов за счет высокоточных расчетов и минимизировать число испытаний.

Предприятие ОКБ «Гидропресс» наработало определенный опыт использования CFD-технологий (Computational Fluid Dynamics, вычислительная гидроаэродинамика), относительно новых для всех атомной отрасли. Данная научная дисциплина появилась с активным развитием компьютерных технологий и является эффективным дополнением к конструкторской деятельности, дополняя ее [14]. Проведение CFD-расчетов позволяет получить больше информации о теплофизических процессах в оборудовании, что позволяет обеспечить его надежность и безопасность при эксплуатации на атомных электростанциях. Расчеты позволяют прогнозировать характеристики проектируемого оборудования, сравнивать их, рассчитывать поведение среды для насосов, реакторов, парогенераторов. Натурные эксперименты являются дорогостоящими и более длительными по времени, следовательно, развитие CFD-технологий также обладает серьезным экономическим эффектом, помимо технологической новизны.

Пример предприятий ГК «Росатом» является значимым не только потому, что своевременно осуществляется модернизация оборудования, но и происходит релевантная цифровизация организации производственных процессов, смена технологической платформы. Цифровая трансформация компании в целом, создание «цифровых заводов» – предполагают цифровые решения и технологии, смену стратегии управления производством и всем жизненным циклом изготовления оборудования. На примере одного из ведущих предприятий АО «Атомэнергомаш» – АО «АЭМ-технологии» – представим структуру «цифрового завода» на рисунке 2. Платформа «цифровой завод» позволяет планировать производственный поток на несколько лет вперед, оптимизировать загрузку оборудования, производить своевременный ремонт техники и внедрять другие цифровые решения – от имитационного моделирования до выдачи сменно-суточных заданий на смену через мобильное приложение.



Рисунок 2 – Элементы «цифрового завода» АО «АЭМ-технологии» (составлено по [15]) [Elements of the "digital factory" of AEM Technologies JSC (compiled from [15])]

На предприятиях машиностроительного дивизиона АО «Атомэнергомаш» реализуется политика поддержки инженерных решений, инициируемых сотрудниками предприятий. Цифровые тренды здесь могут стать эффективными инструментами формирования и рассмотрения заявок на оптимизацию и улучшение всех производственных процессов. Например, проект «Цифровые сервисы для людей» предполагает создание единой цифровой экосреды для обеспечения взаимодействия в рамках профессионального сообщества, организации командной работы и обучения персонала. Данный проект позволяет найти эксперта для совместного проекта, оформить командировку и тому подобное. В 2021-2022 гг. машиностроительным дивизионом был инициирован еще один проект – портал «Человек года Росатома», благодаря которому появилась возможность подавать заявку с использованием любого гаджета (компьютер, смартфон), согласовать ее, получить отзыв и доработать по замечаниям экспертов. Сокращение сроков обработки рационализаторских предложений позволяет более оперативно внедрять наиболее интересные из них в производственную деятельность, приводя к росту технологической и экономической эффективности.

Решения, которые будут в будущем характеризовать все промышленное производство, представлены на рисунке 3.

цифровой двойник	цифровое производство	предиктивная аналитика
<ul style="list-style-type: none"> • полноценная цифровая копия физического объекта или процесса, позволяющая в виртуальной среде точно моделировать то, что будет происходить с оригиналом в различных условиях 	<ul style="list-style-type: none"> • полноценное моделирование производственных процессов в виртуальной среде, автоматизированный сбор информации о протекании процесса в режиме реального времени, автоматизированное управление параметрами производственного процесса 	<ul style="list-style-type: none"> • анализ и прогнозирование влияния различных факторов на параметры выпускаемой продукции, прогноз возможных отказов оборудования

Рисунок 3 – Стратегические цифровые решения промышленного производства [Strategic digital solutions of industrial production]

По оценкам экспертов международной компании J'son & Partners Consulting, специализирующейся на телекоммуникационных, медийных и ИТ-рынках России, стран СНГ, Центральной и Восточной Европы и Центральной Азии, стратегия цифровизации российского машиностроения позволит обеспечить рост объемов выпуска гражданской продукции предприятиями ОПК с 16% до 30% к 2025 г., 50% к 2030 г. Достижение роста возможно, прежде всего, за счет импортозамещения иностранной продукции с российского рынка, что в современных условиях является крайне актуальным.

Также к желаемым результатам можно отнести модернизацию отечественного парка оборудования, доведение доли станков с числовым программным управлением

(ЧПУ) до 100%. Существенные экономические бизнес-эффекты цифровизации могут быть достигнуты в силу перечисленных выше технико-технологических и конкурентных эффектов, что позволит перейти к индустрии четвертого поколения (Индустрия 4.0) и решить актуальные проблемы российского машиностроения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алленых, М.А. Industry 4.0 в ядерной энергетике: экономическая эффективность цифровизации отрасли / М.А. Алленых, М.М. Осецкая // Друкеровский вестник. – 2020. – № 6(38). – С. 29-49.
2. Яковлева, А.В. Механизм экономико-правового обеспечения национальной безопасности: опыт, проблемы, перспективы / А.В. Яковлева, Р.Р. Алабердеев, С.М. Андросов [и др.]. – Краснодар : Научно-исследовательский институт экономики, 2012. – 537 с.
3. Gaponenko T.V. Gavrilenko S.A., Dovbysh V.Y. [et al.] Transformation of Risk Management in the Context of Digitalization of the Economy and Business // Modern Global Economic System: Evolutional Development vs. Revolutionary Leap: Institute of Scientific Communications Conference. Cham: Springer Nature, 2021. P. 1476-1482.
4. Головкин, М.В. Теневая экономика в системе угроз экономической безопасности страны: факторы, эволюция, направления противодействия : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в т.ч.: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами; управление инновациями; региональная экономика; логистика; экономика труда; экономика народонаселения и демография; экономика природопользования; экономика предпринимательства; маркетинг; менеджмент; ценообразование; экономическая безопасность; стандартизация и управление качеством продукции; землеустройство; рекреация и туризм)»: диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Головкин Мария Владимировна. – Санкт-Петербург, 2020. – 426 с.
5. Гончарук, А.В. Использование технологии блокчейн для организации цепи поставок оборудования и ядерного топлива на АЭС / А.В. Гончарук // Энергетик. – 2018. – № 12. – С. 32-34.
6. Distributed cloud, AI engineering, cybersecurity mesh and composable business drive some of the top trends for 2021 [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021> (дата обращения: 06.12.2022)
7. Булавин, В.Ф. PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли / В.Ф. Булавин, В.В. Яхричев, В.А. Глазков // Известия высших учебных заведений. Серия: Машиностроение. – 2018. – № 8. – С. 37-49.
8. Казакова, С.А. Комплексная цифровизация подготовки машиностроительного производства // С.А. Казакова, В.Ф. Булавин // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 1(3). – С. 44-47.
9. Казакова, С.А. CAD/CAPP-технологии в машиностроительном производстве / С.А. Казакова, В.Ф. Булавин, В.В. Яхричев и [др.] // Наука и современность – 2018 : Материалы XXXV Международной научной конференции – Москва : ЕНО, 2018. – Ч. 1, № 1(35). – С. 70-73.
10. Итоги деятельности АО «Атомэнергомаш» за 2019 г. [Электронный ресурс]. – URL : <https://aem-group.ru/mediacenter/herald/2019/?ysclid=ld4iojrf67766699665> (загл. с экрана) (дата обращения: 06.12.2022).
11. Итоги деятельности АО «Атомэнергомаш» за 2020 г. [Электронный ресурс]. – URL : <https://aem-group.ru/mediacenter/news/opublikovanyi-otchetnyie-materialyi-za-2020-g.html?ysclid=ld4ip2w87077608085> (загл. с экрана) (дата обращения: 06.12.2022).
12. Итоги деятельности АО «Атомэнергомаш» за 2021 г. [Электронный ресурс]. – URL : https://report.rosatom.ru/go/2021/aem_2021.pdf (загл. с экрана) (дата обращения: 06.12.2022).
13. Может, лучше про реактор // Вестник АЭМ 2.0. – 2022. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL : <https://vestnik-aem.ru/upload/iblock/bd0/u22z4ricrdytwi3egzbxbpbhdrq6v172.pdf> (загл. с экрана) (дата обращения: 30.11.2022)
14. Волков, В. Расчеты в условиях неопределенности / В. Волков // Вестник АЭМ 2.0. – 2022. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL : <https://vestnik-aem.ru/upload/iblock/c3d/zpaw207f8xelbntkdq8uol6jeiwpbrvj.pdf> (дата обращения: 30.11.2022)
15. Светлое цифровое будущее атомного машиностроения [Электронный ресурс]. – URL : <https://spec.tass.ru/aemtech/elementy-tsifrovogo-zavoda>. (дата обращения: 06.12.2022)

REFERENCES

- [1] Allenykh M.A., Oseckaya M.M. Industry 4.0 v yadernoj energetike: ekonomicheskaya effektivnost' cifrovizacii otrasli [Industry 4.0 in Nuclear Power: The Cost Effectiveness of Digitalization of the Industry] Drukerovskij vestnik [The Drucker Bulletin], 2020, No. 6(38), pp. 29-49 (in Russian).
- [2] YAkovleva A.V. Mekhanizm ekonomiko-pravovogo obespecheniya nacional'noj bezopasnosti: opyt, problemy, perspektivy [Mechanism of Economic and Legal Support of National Safety: Experience, Problems, Prospects]. Krasnodar: nauchno-issledovatel'skij institut ekonomik [Krasnodar: Research Institute of Economics], 2012, 537 p. (in Russian).
- [3] Gaponenko T.V., Gavrilenko S.A., Dovbysh V.Y. [et al.] Transformation of Risk Management in the Context of Digitalization of the Economy and Business // Modern Global Economic System: Evolutional Development vs. Revolutionary Leap: Institute of Scientific Communications Conference. Cham: Springer Nature, 2021, pp. 1476-1482 (in English).
- [4] Golovko M.V. Tenevaya ekonomika v sisteme ugroz ekonomicheskoy bezopasnosti strany: factory, evolyuciya, napravleniya protivodejstviya: special'nost' 08.00.05 "Ekonomika i upravlenie narodnym hozyajstvom (po otraslyam i sferam deyatel'nosti, v t.ch.: ekonomika, organizaciya i upravlenie predpriyatiyami, otraslyami, kompleksami; upravlenie innovatsiyami; regional'naya ekonomika; logistika; ekonomika truda; ekonomika narodonaseleniya i demografiya; ekonomika prirodopol'zovaniya; ekonomika predprinimatel'stva; marketing; menedzhment; cenoobrazovanie; ekonomicheskaya bezopasnost'; standartizaciya i upravlenie kachestvom produkcii; zemleustrojstvo; rekreaciya i turizm)": dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora ekonomicheskikh nauk [Shadow Economy in the System of Threats to the Economic Safety of the Country: Factors, Evolution, Directions of Counteraction : specialty 08.00.05 "Economics and Management of National Economy (by branches and spheres of activity, including: economics, organization and management of enterprises, industries, complexes; innovation management; regional economics; logistics; labor economics; economy of population and demography; economics of nature management; economy of business; marketing; management; pricing; economic safety; standardization and product quality management; land management; recreation and tourism)": thesis for the of Doctor of Economics degree (in Russian).
- [5] Goncharuk A.V. Ispol'zovanie tekhnologii blokchejn dlya organizacii cepi postavok oborudovaniya i yadernogo topliva na AES [Using Blockchain Technology to Organize the Supply Chain of Equipment and Nuclear Fuel at Nuclear Power Plants], Energetik [Energy Specialist], 2018, No. 12, pp. 32-34 (in Russian).
- [6] Distributed cloud, AI engineering, cybersecurity mesh and composable business drive some of the top trends for 2021, <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021> (reference date: 06.12.2022) (in English).
- [7] Bulavin V.F. PLM-strategiya v melkoserijnom proizvodstve mashinostroitel'noj otrasli [PLM-Strategy in Small-Scale Production of Mechanical Engineering Industry], Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Seriya: Mashinostroenie [News of Higher Educational Institutions. Series: Mechanical Engineering], 2018, No. 8, pp. 37-49 (in Russian).
- [8] Kazakova S.A., Bulavin V.F. Kompleksnaya cifrovizaciya podgotovki mashinostroitel'nogo proizvodstva [Comprehensive Digitalization of Machine-Building Production Preparation], Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Vologda State University], 2019, No. 1(3), pp. 44-47 (in Russian).
- [9] Kazakova S.A. CAD/SAPP-tekhnologii v mashinostroitel'nom proizvodstve [CAD/CAP Technologies in Mechanical Engineering], Nauka i sovremennost' 2018: materialy Mezhdunarodnoj XXXV nauchnoj konferencii [Science and Modernity 2018: Proceedings of the International XXXV Scientific Conference]. Moscow: ENO, 2018, Part 1, No. 1(35), pp. 70-73 (in Russian).
- [10] Itogi deyatel'nosti AO «Atomenergomash» za 2019 g. [JSC Atomenergomash Activity Results for 2019], <https://aem-group.ru/mediacenter/herald/2019/?ysclid=ld4iojrf67766699665> (accessed 12/06/2022) (in Russian).
- [11] Itogi deyatel'nosti AO «Atomenergomash» za 2020 g. [JSC Atomenergomash Activity Results for 2020], <https://aem-group.ru/mediacenter/news/opublikovanyi-otchetnyie-materialyi-za-2020-g.html?ysclid=ld4ip2w87077608085> accessed 12/06/2022) (in Russian).
- [12] Itogi deyatel'nosti AO «Atomenergomash» za 2021 g. [JSC Atomenergomash Activity Results for 2021] https://report.rosatom.ru/go/2021/aem_2021.pdf (accessed 12/06/2022) (in Russian).
- [13] Mozhet, luchshe pro reaktor [Maybe Better about the Reactor], Vestnik AEM 2.0 [Bulletin of Nuclear Power Engineering 2.0], 2022, No. 5, <https://vestnik-aem.ru/upload/iblock/bd0/u22z4ricrdytwi3egzbxbpbhdx6v172.pdf> (accessed 11/30/2022) (in Russian).
- [14] Volkov V. Raschety v usloviyah neopredelennosti [Calculations under Uncertainty], Vestnik AEM 2.0 [Bulletin of Nuclear Power Engineering 2.0], 2022, No. 2, <https://vestnik->

aem.ru/upload/iblock/c3d/zpaw207f8xelbntkdq8uol6jeiwprvj.pdf (accessed 11/30/2022)
(in Russian).

- [15] Svetloe cifrovoe budushchee atomnogo mashinostroeniya [Bright Digital Future for Nuclear Engineering], <https://spec.tass.ru/aemtech/elementy-tsifrovogo-zavoda> (accessed 12/06/2022) (in Russian).

Digital Trends in Strategic Development of Nuclear Power Engineering Enterprises

© 2023 Maria V. Golovko¹, Alexander N. Setrakov², Svetlana V. Volgina³,
Vladimir G. Tkachev⁴

¹ I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Kalinin St. 13, Krasnodar, Russia 350044

² Volgodonsk Branch of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Rostov Law Institute of the Russian Ministry of Internal Affairs», Stepnaya St., 40, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

^{3,4} Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹ golovko178@mail.ru, ORCID iD: 0000-0002-4835-9800, WoS ResearcherID: J-2461-2016

² aleksandr-maior@inbox.ru, ORCID iD: 0000-0001-5599-440X, WoS ResearcherID: AAP-73782020

³ SVVolgina@mephi.ru, ORCID iD: 0000-0003-3425-8627

⁴ VGTkachev@mephi.ru

Received by the editorial office on 12/09/2022

After revision on 02/10/2023

Accepted for publication 02/21/2023

Abstract. This article substantiates the benefits of digitalization for the strategic development of industrial enterprises. The main directions of digital transformation of all business processes are defined. The experience and key results of the technological development strategy of the mechanical engineering division of SC "Rosatom" and the specifics of the nuclear power industry as a management object are considered and presented.

Keywords: digital technologies, nuclear power engineering, industrial enterprises, economic efficiency, JSC Atomenergomash, nuclear power, Rosatom State Corporation, nuclear power plants.

For citation: Golovko M.V., Setrakov A.N., Volgina S.V., Tkachev V.G. Digital Trends in Strategic Development of Nuclear Power Engineering Enterprises // Global Nuclear Safety. 2023. No. 1(46). P. 104-115 <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2023-01-09>.