

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Д.А. Крюкова, В.Г. Кочетков

**Цифровизация инновационной деятельности и инженерных
решений. Курс лекций**

Электронное учебное пособие



Волжский

2023

УДК 66.0(07)
ББК 35я73
К 856

Рецензенты:

руководитель технологической группы отдела сопровождения
технологического процесса АО «Волтайр-Пром»
Мартынова Е. Ю.;
заведующий лабораторией ООО «Интов-Эласт»
Куцов Д. А.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Крюкова, Д.А.

Цифровизация инновационной деятельности и инженерных решений. Курс лекций [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Крюкова, В. Г. Кочетков ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 192 КБ). – Волжский, 2023. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-4741-1

В учебном пособии рассмотрены теоретические и практические аспекты цифровизации инновационной деятельности. Учебное пособие может применяться для подготовки к сдаче экзамена, при выполнении контрольной работы и подготовке практических заданий по дисциплине «Цифровизация инновационной деятельности и инженерных решений».

Предназначено для студентов вузов направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Илл. 1, библиограф.: 17 назв.

ISBN 978-5-9948-4741-1

© Волгоградский государственный
технический университет, 2023
© Волжский политехнический
институт, 2023

Оглавление

Введение.....	4
Раздел 1 Особенности цифровизации инновационной деятельности.....	6
1.1 Сущность термина «инновация».....	6
1.2 Инновация и другие похожие понятия.....	8
1.3 Функции, свойства и классификация инноваций.....	8
1.4 Инновационная деятельность: сущность термина и её виды.....	10
1.5 Научно-техническая деятельность как основа инновационной деятельности.....	12
1.6 Объекты и субъекты инновационной деятельности.....	13
1.7 Этапы развития инновационного процесса.....	14
1.8 Инновационная деятельность в России.....	14
1.9 Эффективность инновационной деятельности.....	19
1.10 Цифровизация инновационной деятельности.....	21
Раздел 2 Понятие цифровая инженерия.....	29
2.1 Преимущества цифровой инженерии.....	29
2.2 Особенности цифровой инженерии.....	29
2.3 Основные инструменты цифровой инженерии.....	30
2.4 Эффективность цифровой инженерии.....	33
Раздел 3 Цифровые технологии в эпоху Индустрии 4.0.....	36
3.1 Этапы развития индустрии производства.....	37
3.2 Роль цифровизации в Индустрии 4.0.....	38
3.3 Технологии Индустрии 4.0.....	39
3.4 Возможности Индустрии 4.0.....	42
Раздел 4 Архитектура «фабрик будущего»: цифровая, «умная», виртуальная.....	45
4.1 Основные понятия.....	45
4.2 Сравнительная характеристика традиционного и передового производства.....	49
4.3 Сущность понятия «фабрика будущего».....	49
Вопросы для самоконтроля.....	54
Список типовых заданий для контрольной работы.....	55
Тестовые задания для промежуточной аттестации.....	56
Список литературы.....	76

Введение

Вопросы, рассматриваемые в учебном пособии, соответствуют содержанию учебной дисциплины «Цифровизация инновационной деятельности и инженерных решений», реализуемой в рамках образовательной программы бакалавриата «Химический инжиниринг и цифровые технологии» по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология». Дисциплина направлена на формирование у обучающихся следующих компетенций:

- обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья;

- осуществлять технологическое сопровождение и управление процессами переработки полимерных и композиционных материалов, в том числе с применением цифровых технологий.

При организации учебного процесса по дисциплине устанавливается **цель** – формирование у студента теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проведения научной работы и реализации инновационных проектов с использованием современных компьютерных средств; формирование у студента комплексных компетенций в сфере цифровизации инновационной деятельности и инженерных решений.

В результате преподавания данной дисциплины могут быть решены следующие **задачи**:

- изучения различных видов цифровых технологий и инновационных решений в отрасли;

- освоения понятия «умные технологии».

Студент, изучивший дисциплину, должен:

знать:

- особенности технологического процесса и способы его цифровизации;

- основные виды инноваций в сфере химической промышленности;
- профессиональные задачи в области цифровизации инженерных решений;

уметь:

- применять цифровые подходы к реализации технологического процесса и контроля свойств сырья и готовой продукции;
- проводить анализ инноваций в сфере химической промышленности;
- решать профессиональные задачи в области цифровизации инженерных решений;

владеть:

- навыками применения цифровизации к реализации технологического процесса и контроля свойств сырья и готовой продукции;
- методами цифровых инноваций в сфере химической промышленности;
- методами решения профессиональных задач в области цифровизации инженерных решений.

Раздел 1 Особенности цифровизации инновационной деятельности

1.1 Сущность термина «инновация»

Термин «инновация» происходит от латинского *novatio* «обновление; изменение» и приставки *in* «в направление»: дословный перевод *innovatio* «в направлении изменений». Современный научно-технический прогресс немыслим без интеллектуального продукта, получаемого в результате инновационной деятельности. Понятие «инновация» в экономическую науку было введено Йозефом Шумпетером. Под нововведением Шумпетер понимал «новые комбинации, изменения в развитии». В своем основополагающем труде «Теория экономического развития» (1911) он выделяет пять случаев нововведений (сам термин «инновация» ученый стал использовать только в 1930-х гг.) [1]:

- использование новой техники или новых технологических процессов;
- внедрение продукции с новыми свойствами;
- использование нового сырья;
- изменения в организации производства и его материально-техническом обеспечении;
- появление новых рынков сбыта.

«Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям» («Руководство Осло») определяет инновации как введение в употребление какого-либо нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги) или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях [2].

Инновация – результат инвестирования интеллектуального решения в разработку и получение нового знания, ранее не применявшейся идеи по обновлению сфер жизни людей (технологии; изделия; организационные формы существования социума, такие как образование, управление, организация труда, обслуживание, наука, информатизация и т.д.) и последующий процесс внедрения этого в производство, с фиксированным

получением дополнительной ценности (прибыль, опережение, лидерство, приоритет, коренное улучшение, качественное превосходство, креативность, прогресс).

Таким образом, необходим процесс: инвестиции – разработка – процесс внедрения – получение качественного улучшения.

Понятие *инновация* относится как к радикальным, так и постепенным изменениям в продуктах, процессах и стратегии организации (инновационная деятельность). Исходя из того, что целью нововведений является повышение эффективности, экономичности, качества жизни, удовлетворённости клиентов организации, понятие инновационности можно отождествлять с понятием предприимчивости – бдительности к новым возможностям улучшения работы организации (коммерческой, государственной, благотворительной, морально-этической).

С течением времени стали выделять более развёрнутые характеристики инноваций (по сравнению с изначальными характеристиками Й. Шумпетера):

Инновация – такой процесс или результат процесса, в котором [2]:

- используются частично или полностью охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности;
- обеспечивается выпуск патентоспособной продукции;
- обеспечивается выпуск товаров и услуг, по своему качеству соответствующих мировому уровню или превышающих его;
- достигается высокая экономическая эффективность в производстве или потреблении продукта.

Существует две основные причины возникновения инноваций [1]:

- **внутренняя** – рост и усложнение потребностей человека вынуждает изобретать все новые и более совершенные способы удовлетворения этих потребностей;
- **внешняя** – окружающая среда человека постоянно меняется, поэтому человеку приходится напрягать интеллектуальные силы и использовать практический опыт, чтобы устоять в конкурентной борьбе.

1.2 Инновация и другие похожие понятия

Инновации рассматриваются по-разному: в связи с технологиями, коммерцией, социальными системами, экономическим развитием и формулированием политики [3]. Соответственно, в научной литературе существует широкий спектр подходов к осмыслению понятия «инновация».

При формировании понятия «инновации» полезно сравнить его с другими понятиями. В частности, в научной литературе отмечается, что понятие «инновация» часто смешивается с понятием «изобретение», обозначающим создание новой технической разработки или усовершенствование старой, и термином «нововведение», означающим внедрение новых решений. Кроме того, многие усовершенствования товаров и услуг было бы правильнее назвать просто словом «улучшение». Понятия «изменения» и «креативность» также иногда могут быть употреблены вместо понятия «инновации».

Чтобы отличать *инновации* от перечисленных выше понятий, нередко уточняется, что особенность инновации в том, что она не является инновацией до того момента, пока она успешно не внедрена и не начала приносить пользу.

В рамках альтернативного подхода другие понятия используются как часть определения инноваций: «Инновация имеет место, когда кто-либо использует изобретение – или использует что-то уже существующее новым образом – для изменения образа жизни людей». В данном случае изобретением может быть новая идея, устройство или другие вещи, которые облегчают деятельность, а инновационность не связывается с тем, получил ли организатор инновации какую-либо выгоду, и принесла ли она позитивный эффект [3].

1.3 Функции, свойства и классификация инноваций

Инновация выполняет три **функции** [1]:

– **воспроизводственная** означает, что инновация представляет собой важный источник финансирования расширенного воспроизводства;

– **инвестиционная** – прибыль, полученная за счет реализации инновации, может использоваться по различным направлениям, в том числе и в качестве капитала;

– **стимулирующая** – получение предпринимателем прибыли за счет реализации инновации прямо соответствует основной цели любой коммерческой организации. Прибыль служит стимулом для предпринимателя для внедрения новых инноваций; побуждает его постоянно изучать спрос, совершенствовать организацию маркетинговой деятельности, применять современные методы управления финансами.

Основными **свойствами** инновации являются [1]:

– **научно-техническая новизна;**

– **практическая воплощенность** (промышленная применимость), т.е. использование, например, в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении, образовании или других областях деятельности;

– **коммерческая реализуемость** означает, что новшество «воспринято» рынком, т.е. реализуемо на рынке; что, в свою очередь, означает способность удовлетворить определенные запросы потребителей.

Классификация инноваций [1]

1. В зависимости от технологических параметров инновации бывают:

– **продуктовые** – включают применение новых материалов, новых комплектующих и получение принципиально новых продуктов;

– **процессные** – означают новые методы организации производства и новые технологии, то есть более эффективные технологии используются для производства уже имеющихся товаров или услуг.

2. По типу новизны для рынка инновации делятся на:

– новые для отрасли в мире – **глобальные;**

– новые для отрасли в стране – **национальные;**

– новые для отдельного региона или **региональные;**

– новые для данного предприятия – **точечные** инновации.

3. В зависимости от глубины вносимых изменений инновации бывают:

– **радикальные** – реализуют крупнейшие изобретения и становятся основой для революционных переворотов в технике, формирования новых ее направлений, создания новых отраслей;

– **улучшающие** – реализуют изобретения среднего уровня и служат базой для создания новых моделей и модификации данного поколения техники и технологии, заменяющих устаревшие модели более эффективными, либо расширяющих сферу применения этого поколения;

– **модификационные** – инновации, направленные на улучшение отдельных производственных или потребительских параметров выпускаемых моделей техники и применяемых технологий на основе использования мелких изобретений, что способствует более эффективному производству этих моделей, либо повышению эффективности их использования;

– **псевдоинновации (ложные)** – направленные на частичное улучшение моделей машин и технологий, представляющих «вчерашний день техники» (т.е. устаревшие и отжившие).

4. По сферам деятельности предприятия выделяют инновации:

– **производственные** – воплощаются в новых продуктах, услугах или технологиях производственного процесса;

– **управленческие** – новое знание, воплощенное в новых управленческих технологиях, административных процессах и организационных структурах;

– **технологические** – возникают при применении улучшенных, более совершенных способов изготовления продукции;

– **социальные** – направлены на улучшение условий труда, решение проблем здравоохранения, образования, культуры;

– **экономические**;

– **торговые** и др.

1.4 Инновационная деятельность: сущность термина и её виды

Инновационная деятельность – комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный

на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования. Результатом инновационной деятельности являются новые или дополнительные товары/услуги или товары/услуги с новыми качествами [2].

Также инновационная деятельность может быть определена как деятельность по созданию, освоению, распространению и использованию инноваций.

В зависимости от источников различают различное количество видов инновационной деятельности. Разновидностями основных видов инновационной деятельности могут быть [4]:

- научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР);
- создание продуктов с новыми полезными свойствами;
- технологические инновации: получение нового или эффективного производства имеющегося продукта, изделия, техники;
- подготовка и организация производства, изменения в процедурах, методах и стандартах производства и контроля качества, необходимых для изготовления нового продукта или применения нового технологического процесса;
- процессные инновации: производственное проектирование, дизайн и разработки новых методов производства, новых производственных процессов, включая подготовку планов и чертежей, технических спецификаций и т.д.;
- организационные нововведения – совершенствование системы менеджмента;
- приобретение овеществленных технологий – машин и оборудования, по своему технологическому назначению связанных с внедрением технологических и прочих инноваций;
- приобретение неовеществленных технологий в форме патентов, лицензий (договоров) на использование изобретений, промышленных образцов, полезных моделей, раскрытия ноу-хау, а также услуг

технологического содержания; приобретение программных средств, связанных с осуществлением технологических инноваций;

- обучение, подготовка и переподготовка персонала;
- маркетинговые инновации – реализация новых или значительно улучшенных маркетинговых методов, охватывающих существенные изменения в дизайне и упаковке продуктов, использование новых методов продаж и презентации продуктов (услуг), их представления и продвижения на рынки сбыта, формирование новых ценовых стратегий.

Основными элементами структуры инновационной деятельности являются инновационные проекты и программы и выполняющие их организации [1].

С учетом того, что инновационная деятельность представляет собой процесс, охватывающий комплекс мероприятий от формирования новаторской идеи до реализации инновационной продукции, созданной на ее основе, можно схематично представить последовательность стадий реализации инвестиционной деятельности (рисунок 1) [5].

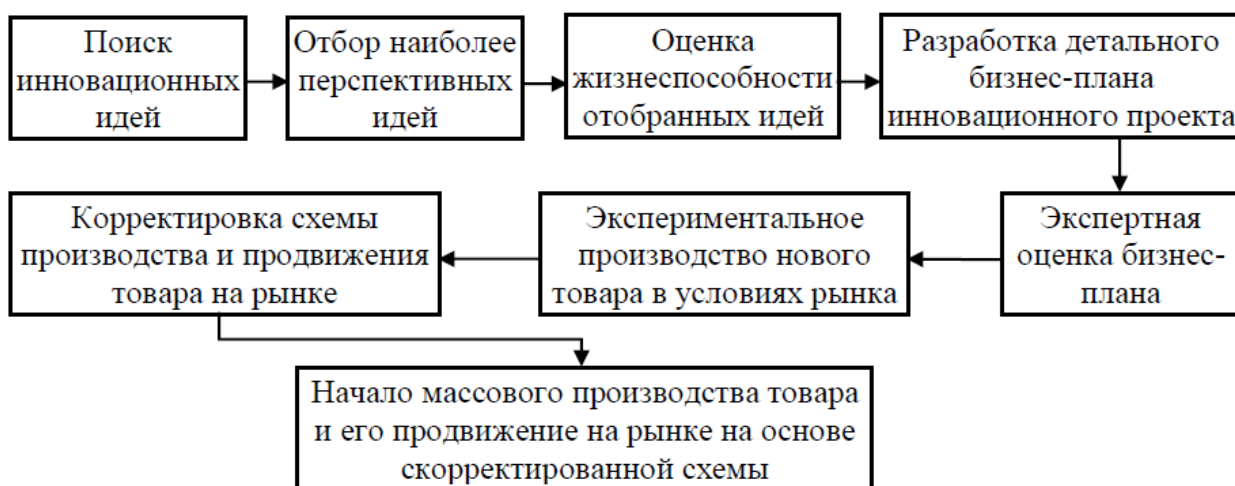


Рисунок 1 – Стадии инновационной деятельности

1.5 Научно-техническая деятельность как основа инновационной деятельности

В основе инновационной деятельности лежит научно-техническая деятельность (НТД), тесно связанная с созданием, развитием,

распространением и применением научно-технических знаний во всех областях науки и техники [1].

В соответствии с рекомендациями ЮНЕСКО НТД охватывает три её вида: 1) научные исследования и разработки; 2) научно-техническое образование и подготовка кадров; 3) научно-технические услуги.

При осуществлении НТД большое значение имеет понятие «масштаб научных работ», которое охватывает:

– **научное (научно-техническое) направление** – наиболее крупная научная работа, имеющая самостоятельный характер и посвящённая решению важной задачи развития данной отрасли науки и техники;

– **научная (научно-техническая) проблема** – часть научного (научно-технического) направления, представляющая один из возможных путей его решения;

– **научная тема** – часть проблемы, которая решается, как правило, в пределах научной организации и выступает основной единицей тематического плана при финансировании, планировании и учёте работ.

1.6 Объекты и субъекты инновационной деятельности

Объектами инновационной деятельности являются разработки техники и технологии предприятий, находящиеся независимо от организационно-правовой формы и формы собственности на территории страны [1].

Субъектами инновационной деятельности являются принимающие участие в инновационной деятельности юридические лица, независимо от организационно-правовой формы и формы собственности; физические лица – граждане РФ; органы государственной власти РФ, субъектов РФ; органы местного самоуправления; иностранные организации и граждане. Субъекты инновационной деятельности могут выполнять функции заказчиков, исполнителей или инвесторов инновационных проектов и программ или проектов и программ поддержки инновационной деятельности. Среди

субъектов инновационной деятельности особую роль играют инноваторы – авторы инновации (открытия, изобретения, полезной модели, проектного решения, рацпредложения, ноу-хау, промышленного образца или иного вида инновации). Субъектам инновационной деятельности для ее осуществления необходимы различные ресурсы [1].

1.7 Этапы развития инновационного процесса

Первый этап – модель первого поколения (1950-1965 гг.). Основой является творческий продукт (новая идея, открытие или изобретение). Линейный последовательный характер модели.

Второй этап – модель второго поколения (1960-е гг.). Основой являются потребности рынка. Линейный последовательный характер модели.

Третий этап – модель третьего поколения (1970-е гг.). Основой является наука, технология, рынок. Линейный последовательный характер модели с обратными связями.

Четвёртый этап – модель четвёртого поколения (с 1980-х гг.). Основой является интеграция в промышленное производство. Параллельный характер модели.

Пятый этап – модель пятое поколения. Основой является идеализированная модель четвёртого поколения с более тесными взаимосвязями компаний.

Из приведённого описания развития моделей инновационных процессов видно, что на каждом последующем этапе в них происходят такие изменения, которые во многом обусловлены ростом их сложности [1].

1.8 Инновационная деятельность в России

Проблемы инновационной деятельности в РФ [1]:

– большинство технологий не доведено до уровня коммерциализации, не могут пройти серьезного технологического аудита, отсутствуют экспериментальные образцы и бизнес-планы;

– как следствие – нет российской базы данных по реально существующим законченным разработкам. Зачастую информация, даваемая научными институтами в рекламных целях, не соответствует действительности;

– крайне мало элементов инновационной сети – ассоциаций, центров, отделов коммерциализации внутри образовательных учреждений;

– очень не хватает кадров для инновационного менеджмента;

– доведение научных разработок до коммерческого уровня нуждается в дополнительном финансировании;

– многие технологии не имеют необходимой патентной защиты, в академических институтах не хватает средств для патентования, в результате чего соавторами и патентообладателями становятся те, кто имеет эти средства.

Это объясняется вполне объективными причинами: отсутствие ясной нормативной базы; нет притока денежных средств; невостребованность со стороны отечественного производителя и т.д.

Для активации инновационной деятельности в первую очередь необходимы следующие действия:

– создание российской базы данных в сфере инноваций;

– подготовка квалифицированных менеджеров инновационных проектов;

– решение вопросов, связанных с интеллектуальной собственностью;

– создание Инновационного Агентства и Инновационного Фонда РФ;

– использование инновационных возможностей регионов.

В инициативном порядке инновационная деятельность ведется в ряде академических институтов, однако она мало поддерживается со стороны государства, усилия отдельных институтов и центров слабо координируются. Требуется построение новых, прежде всего – информационных, связей для формирования инновационных цепочек, реализующих новые фундаментальные разработки.

В настоящее время активизируется реальная инновационная деятельность в России. Академическими институтами создаются коммерческие организации в технологической сфере, которые работают на площадях, арендуемых у институтов. Кроме того, развивают свою деятельность крупные региональные инновационные центры.

Создание крупных интегрированных научно-инновационных центров (научных парков) должно быть приоритетным направлением инновационной активности в России.

Особую актуальность приобретает вопрос об информационном обеспечении инновационной активности в России. Он имеет два аспекта: систематическое освещение инновационной деятельности в СМИ; создание и поддержание современной базы данных.

Важное значение имеет установление партнерских отношений для реализации совместных инновационных проектов с промышленными предприятиями и объединениями, с Торгово-промышленной палатой.

Существенное значение для продвижения инноваций имеет выставочная деятельность.

Можно выделить следующие направления активизации инновационной деятельности в России [1]:

– создание инновационной системы распределенного типа (сети), в состав которой должны входить структурные и автономные научные парки или инновационно-технологические центры и ассоциации, создаваемые по кластерному принципу;

– создание в академических институтах и ведущих университетах специализированных подразделений (офисов трансфера технологий), целенаправленно занимающихся коммерциализацией разработанных технологий;

– формирование научно-исследовательских партнерств научных институтов с крупными промышленными корпорациями;

– создание российского инновационного портала РАН, подключение академических институтов и центров к сетям взаимосвязи инновационных структур, создание инновационно-коммуникационных сетей, ориентированных на нужды науки;

– организация проведения комплексных междисциплинарных научных исследований;

– участие ведущих ученых в выработке и реализации государственных решений, в работе экспертно-консультативных групп при государственных структурах, ассоциациях, крупных промышленных корпорациях;

– подготовка кадров как для инновационной сферы (инновационные менеджеры, технологические брокеры);

– содействие инновационному развитию регионов;

– реализация прав интеллектуальной собственности, совершенствование механизмов фиксации, охраны и вовлечения в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности;

– широкая международная кооперация в фундаментальной науке, содействие вовлечению зарубежных инновационных ресурсов в развитие российской инновационной системы.

– организация начального стимулирования развития инновационного бизнеса;

– совершенствование правовой базы инновационных процессов.

Государственная инновационная политика в РФ[1]

Главными направлениями государственной инновационной политики являются:

– **Формирование российских фондов поддержки инновационной деятельности** (Российский фонд фундаментальных исследований, Федеральный фонд производственных инноваций, Фонд содействия развитию малых форм предпринимательства в научно-технической сфере, Венчурный инновационный фонд).

– **Формирование эффективной инновационной инфраструктуры, предоставляющей субъектам инновационной деятельности разнообразные услуги:** консультационные, информационно-технологические, образовательные и др.

– **Прямая государственная поддержка инновационной деятельности:** административно-ведомственная и программно-целевая поддержка.

– **Косвенная государственная поддержка** осуществляется в виде налоговых и таможенных льгот, налоговых и льготных инвестиционных кредитов.

– **Поддержка малому инновационному бизнесу:** развитие инновационно-технологических центров, инкубаторов и технопарков; организация конкурсов и выставок инновационных проектов малого бизнеса; содействие в обучении менеджеров и персонала малых инновационных предприятий.

– **Формирование крупных инновационных фирм-корпораций, консорциумов, холдингов, финансово-промышленных групп, транснациональных корпораций.**

– **Информационное обеспечение инновационной деятельности.**

– **Кадровая поддержка инновационной деятельности** путем финансирования повышения квалификации, создания учебных и консультационных инновационных центров, подготовки инновационных менеджеров, организации зарубежных стажировок и издания литературы по инновационной деятельности и государственной инновационной политике.

– **Охрана интеллектуальной собственности** (чтобы права собственников были надежно защищены).

– **Взаимодействие государственных, частных и инновационных структур:** совместное финансирование бесприбыльных инновационных организаций; взаимодействие и сотрудничество государственных университетов с промышленными компаниями на взаимовыгодной основе;

контроль общественных организаций за расходованием государственных средств на инновационные цели и учет интересов различных социальных групп.

1.9 Эффективность инновационной деятельности

Конкурентоспособность организаций, функционирующих в современных условиях, во многом определяется высокой степенью эффективной инновационной деятельности.

В эпоху СССР существовала цепочка организаций, которые выполняли весь инновационный цикл: фундаментальные исследования – прикладные исследования – опытное производство – серийное производство. Такие организации в рамках цепочки были взаимозависимы, отлаженная кооперационная связь между организациями, обеспечивала эффективную и слаженную работу, достижение запланированного результата, при минимальном отклонении от сроков выполнения проекта. Организации, осуществляющие фундаментальные и прикладные исследования, всегда были обеспечены заказами со стороны заводов, поскольку последние выпускали продукцию, созданную с использованием результата научно-технической деятельности. В результате каждая организация такой цепочки на выходе имела потребителя, готового приобрести созданный продукт [6].

Отличительной особенностью развития инновационного процесса в современной России является слабая активность предпринимателей и централизованное государственное финансирование исследований и разработок. В большинстве развитых государств ситуация обратная, отмечают эксперты Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ в новом информационном бюллетене «Источники финансирования науки».

За период с 2000 года по 2016 год доля государства в финансировании науки в РФ увеличилась (с 54,8 % до 68,2 %). Доля предпринимательского сектора сократилась (с 32,9 % до 28,1 %). Также уменьшилась роль

иностранных источников: абсолютная величина затрат – более чем наполовину, ее удельный вес в расходах на науку – с 12 % до 2,7 % [6].

Например, в США предпринимательский сектор обеспечивает 64,2 % внутренних затрат на науку, в Германии – 65,6 %, Корею – 74,5 %, Китае – 74,7 %, Японии – 78 %. В среднем по странам Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) показатель превышает 62 %, по странам Евросоюза (членам ЕС-28) – 54 % [6].

Мировая тенденция инновационного процесса характеризуется сетевым взаимодействием между всеми его субъектами.

По мнению американского экономиста, нобелевского лауреата Джозефа Стиглица, инновации – единственный реальный источник увеличения богатства для современного мира в целом [7].

В современных условиях правительства различных стран инвестируют огромные средства в научные исследования и инновационную деятельность, например Германия на научные исследования и разработки направила около 2,7 % ВВП, США – 2,8 %, Япония – около 3,5 %, Белоруссия – 0,74 % ВВП, Россия – 1,04 % [8].

Однако в условиях кризиса мировой экономики на первый план выходит задача повышения эффективности использования средств, выделяемых предприятиям и научным коллективам. В связи с этим сталкиваемся с понятием **экономической эффективности**. Одним из подходов к оценке сравнительной эффективности стран и регионов служит соотношение полученных результатов (изобретения, новые товары и т.д.) и затраченных ресурсов (число занятых в НИОКР, затраты на НИОКР и т.д.).

Для данных целей в странах Европейского союза ежегодно публикуется «Европейское табло инноваций» (EuropeanInnovationScoreboard – EIS). Также в 2007 году на основе метода анализа среды функционирования были рассчитаны показатели технической эффективности для ряда стран Европейского союза. На основе полученных результатов эффективности все страны были объединены в 4 группы:

1. инновационные лидеры;

2. инновационные последователи;
3. страны – умеренные инноваторы;
4. догоняющие страны.

По методу анализа среды функционирования (DEA) и метода стохастической границы (SFA) был проведен анализ эффективности региональных инновационных систем в России [8]. Среди лидеров по эффективности преобладают крупнейшие агломерации, а также центры машиностроения. В другой статье проведен обзор схожих исследований по странам мира, а также оценка и выявление факторов эффективности регионов России по созданию новых технологий. В целом эффективность в России увеличилась в 2000-е гг. Наиболее эффективные региональные инновационные системы сформированы в крупнейших агломерациях с ведущими, давно существующими университетами и исследовательскими центрами: Москва и Санкт-Петербург, Новосибирская, Воронежская и Томская области. Время является решающим фактором для накопления знаний и установления связей между инновационными агентами в рамках региональной инновационной системы. Предпринимательская деятельность значима, поскольку помогает преобразовывать идеи и исследования в изобретения и новые технологии, усиливает взаимодействие между инновационными агентами. Расположение вблизи крупных инновационных центров выгодно из-за более интенсивного межрегионального перетока знаний.

В общем объеме мирового высокотехнологичного экспорта доля России оценивается в 0,3 %, в то время как доля США 39 %, Японии – 30 %, Германии – 15 %, Китая – 6 %. Российская сырьевая экономика предъявляет слабый спрос на инновации. А в структуре затрат на научные исследования и разработки (НИОКР) преобладают бюджетные расходы [6].

1.10 Цифровизация инновационной деятельности

Цифровые технологии проникают во все аспекты нашей жизни, такой процесс получил название цифровизация и становится определяющей

тенденцией ближайших десятилетий. Безусловно, такие технологии открывают колоссальные возможности для государственного управления, бизнеса, науки, образования, жизни людей. Цифровизация, меняя правила игры, ставит перед странами, бизнесом и людьми во всем мире множество сложных задач и альтернативных путей их решения [6].

Устойчивая динамика технологического развития страны представляется невозможной без обеспечения эффективного применения цифровых решений в инновационной деятельности. В современных условиях международной глобальной конкуренции цифровые решения позволяют участникам рынка высоких технологий оперативно внедрять и коммерциализировать инновации и получать сверхприбыль. К сожалению, в России уровень инновационной активности организаций, по сравнению с зарубежными организациями развитых стран, остается на низком уровне.

Последние десятилетия характеризуются революционными изменениями в отношении мира человека и мира природы. Существуют различные концепции развития техники. В основе ниже представленных классификаций положены используемая ключевая технология и виды энергии.

Оригинальные идеи о периодизации развития техники высказаны американским философом Л. Мамфордом и российским ученым С. Ю. Глазьевым. Согласно концепции Л. Мамфорда выделяют три технические эпохи:

- «эотехническая» (1000-1750 гг.), где в качестве технологической основы выступают вода и дерево.
- «палеотехническая» (вторая половина XVIII в. до середины XX в.), технологической основой является комплекс «угля и железа».
- «неотехническая» использует в своей технологической основе комплекс «электричества и сплавов» [6].

Не менее интересной является классификация периодизаций технологических укладов, предложенная российским ученым

С.Ю. Глазьевым. В соответствии с его трактовкой, технологические уклады представляют собой группы технологических совокупностей, выделяемые в технологической структуре экономики, связанные друг с другом однотипными технологическими цепями и образующие воспроизводящиеся целостности.

С. Ю. Глазьев выделяет следующие виды технологических укладов:

- первый (1770-1830 гг.), где в качестве ключевой технологии выступает текстильная машина;
- второй (1830-1880 гг.) характеризуется использованием парового двигателя;
- третий (1880-1930 гг.) основан на использовании электродвигателя;
- четвертый (1930-1970 гг.), где в качестве ключевой технологии выступает двигатель внутреннего сгорания;
- пятый (1970-2010 гг.) – в основе ключевой технологии лежат микроэлектронные компоненты;
- шестой (2010-2040 гг.) характеризуется использованием нанотехнологий, гелио- и ядерной энергетики в качестве ключевой технологии [6].

Согласно представленной классификации современный мир находится между пятым и шестым технологическими укладами. Граница между ними является весьма условной, поскольку в их технологической основе лежат информационные технологии, базирующиеся на использовании знаний, полученных фундаментальной наукой. Пятый технологический уклад основывается на применении достижений микроэлектроники. Основой шестого технологического уклада является масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гелио- и ядерной энергетики. Информационные технологии в шестом укладе характеризуются более высокой вычислительной мощностью, выводят производство на принципиально иной качественный уровень.

В России необходимость применения информационных технологий назрела достаточно давно, но главным драйвером активизации такого процесса стало утверждение в июле 2017 г. Правительством Российской Федерации программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [6].

Начиная с 2012 г., в России ежегодно проводится форум «Открытые инновации» под эгидой Правительства РФ, который является уникальной дискуссионной площадкой. Главной темой форума в 2018 году стала цифровая экономика.

Анализ инновационных и цифровых стратегий различных стран показывает, что создание цифровых технологий и встраивание их в экономику становится главной целью инновационного развития [9]. Их ценность обусловлена возможностью применения таких технологий в большинстве традиционных сфер инновационного и технологического развития. Увеличение возможностей обработки и хранения разнородной информации позволяет совершенствовать и получать качественно новые результаты в образовании, медицине и других отраслях социальной сферы. На сегодняшний день цифровые технологии стали одним из ключевых направлений инновационного развития, поэтому в первую очередь необходимо изучить некоторые понятия, которые представлены ниже.

Цифровая инновация – это новое средство, использующее цифровые процессы, ресурсы и сервисы. Данные ресурсы и сервисы основаны [9]:

- на технологиях больших данных;
- на нейротехнологиях и искусственном интеллекте;
- на системе распределенного реестра (блокчейн);
- на новых производственных технологиях;
- на промышленном Интернете;
- на компонентах робототехники и сенсорики;

– на технологиях беспроводной связи, виртуальной и дополненной реальности и других технологиях, которые в правовых актах РФ отражены, как относящиеся к цифровым технологиям или к цифровой экономике.

На сегодняшний день существуют еще несколько понятий (направлений), которые взаимодействуют друг с другом и дополняют друг друга – это цифровизация, диджитализация, а также digital-трансформация (цифровая трансформация).

Под термином «**цифровизация**» (в английской версии – digitization, а также иногда digitalization) экономики и общества зачастую понимается трансформация в социально-экономической сфере посредством массового внедрения цифровых технологий поиска, создания, обработки, обмена и передачи информации.

Digital-трансформация (цифровая трансформация) – это осмысленный стратегический процесс изменения бизнеса в условиях вызовов новой цифровой экономики.

Цифровая трансформация является одним из важнейших направлений, которое может помочь сделать новейший технологический рывок в мировой экономике, при этом значительно сократив издержки и оптимизировав бизнес-процессы. Компании, которые не акцентируют внимание и не займутся цифровой трансформацией в ближайшем будущем, просто-напросто станут неэффективными и затем уйдут с рынка под давлением новых рыночных реалий и более сильных конкурентов [9].

Цифровизация инновационного процесса предполагает применение цифровых технологий, решений поиска, создания, обработки, обмена и передачи различного рода информации, осуществления финансовых транзакций между партнерами совместно реализуемого проекта. Получение информации об имеющихся результатах инновационной деятельности, которые можно эффективно использовать для своего бизнеса и поиск потенциальных партнеров может осуществляться на тематических форумах, выставках, дискуссионных площадках [6].

Организациям теперь необходимо по-новому взглянуть на организацию коммуникаций, поскольку она во многом определяет успешность инновационного процесса в условиях сетевого взаимодействия. Обеспечить высокую эффективность координации, которая выражается в синхронизации действий всех участников процесса с помощью цифровых технологий.

Важную роль в координации и синхронизации действий участников, заинтересованных в совместном выполнении инновационной деятельности, может сыграть государство посредством выстраивания горизонтальных связей между организациями. В современных российских условиях преобладает высокий уровень недоверия между хозяйствующими субъектами, что препятствует развитию горизонтальных коммуникаций. Государство может регулировать и определять обязательные требования и стандарты к технологическим решениям, оборудованию, форматам обмена данными, тем самым выступая инициатором цифровых технологических изменений в масштабах сразу целых отраслей экономики.

Участниками инновационного процесса в условиях сетевого взаимодействия, например, могут быть вуз, государство, стартап-компании, инжиниринговые компании, банковский сектор, которые выступают в качестве субъектов информационных правоотношений.

Банки могут занимать активную позицию в инновационном процессе. В настоящее время в своей деятельности банки широко используют хранение своих данных в облаках, технологию удаленного рабочего стола (VDI), осуществляют резервирование информационных систем на разнесенных площадках, предлагают гибридные решения, интегрирующие частную виртуальную инфраструктуру заказчика с инфраструктурой сервис-провайдера, начинают использовать технологию блокчейн.

По результатам исследования, полученным экспертами Национального университета «Высшая Школа Экономики» (ВШЭ) для банковского сектора весьма актуальной проблемой является «слабая защищенность цифровых технологий от криминальных посягательств» (58 %) [6].

Анализ, проведенный экспертами ВШЭ, показал, что чуть больше половины из числа исследуемых организаций (53 %) оценили уровень своего цифрового развития на 7-10 баллов, что свидетельствует о зрелой стадии их цифрового развития; 30 % опрошенных отнесли себя к средней стадии цифрового развития и 18 % находятся на ранней стадии. По результатам анализа, можно сделать вывод, что сформирована необходимая инфраструктура для сетевого взаимодействия участников инновационного процесса посредством цифровых технологий [6].

Объем мирового рынка облачных вычислений по оценкам разных экспертов составляет от 100 млрд долл. США до 200 млрд долл. США. Российская ассоциация электронных коммуникаций (РАЭК) оценила экономику Рунета через суммирование объемов рынков контента и сервисов.

По итогам 2015 г. экономика Рунета составила 2,4 % ВВП. Компания Consulting оценила в 2015 г. рынок облачных вычислений в России в 27,6 млрд рублей, из них SaaS – 22,2 млрд руб., IaaS – 4,4 млрд руб., PaaS – 1 млрд руб. [6].

Несмотря на серьезные положительные трансформации в сфере цифровизации, существует ряд актуальных и значимых нерешенных отраслевых проблем:

- высокие затраты на ранней стадии эксплуатации информационных систем;
- высокие транзакционные и трансформационные издержки, связанные с переходом к использованию цифровых технологий всеми экономическими агентами;
- диспропорции между спросом отрасли на высококвалифицированных специалистов и подготовкой соответствующими образовательными учреждениями, формирующими профессиональные компетенции, что вызывает дефицит профессиональных кадров;

– отсутствие унифицированных стандартов, технических регламентов и соответствующих нормативно-правовых норм, регулирующих отношения в сфере цифровых технологий;

– недостаточный уровень защиты цифровых технологий от противоправных посягательств.

Подводя итог, можно сделать вывод, что цифровая экономика в России, несмотря на ряд существующих проблем, динамично развивается. Организации различных секторов экономики начинают активно внедрять цифровые решения с учетом специфики своей деятельности. Инновации выступают в качестве локомотива экономического развития, поэтому делаются попытки поиска и создания наиболее приемлемых форм организационных объединений инновационно-активных предприятий, альянсов, внутри которых могут быть созданы прочные кооперационные связи. Становится совершенно очевидным необходимость масштабной кооперации и координации в форме сетевого взаимодействия участниками инновационного процесса, что обеспечивает им полезный эффект и соответствующие конкурентные преимущества [6].

Раздел 2 Понятие цифровая инженерия

Цифровую инженерию можно рассматривать как общую технологическую концепцию, которая позволяет развивать интеллектуальную подключенную экосистему, направленную на повышение качества обслуживания и оптимизацию функций предприятия [10].

Если упростить данное понятие, то цифровую инженерию можно определить как применение передовых технологий для сбора данных и разработки проектов в цифровой среде.

2.1 Преимущества цифровой инженерии

Цифровая инженерия имеет много преимуществ. Возможно, наиболее важным является то, что она позволяет исследовать возможности в виртуальной среде. Это означает, что инженеры могут протестировать различные конструкции и посмотреть, как они будут работать в реальном мире, без необходимости создавать физические прототипы. Цифровая инженерия также обеспечивает более тесное сотрудничество между членами команды, а также с клиентами. Кроме того, это может помочь сократить затраты и сроки, связанные с разработкой продукта [10].

2.2 Особенности цифровой инженерии

Цифровая инженерия меняет подход к проектированию и созданию продуктов. Внедряя передовые технологии, инженеры могут собирать данные и разрабатывать проекты в цифровой среде. Основные изменения цифровой инженерии:

- *Электронное расширение.* Цифровая инженерия открыла двери для цифровой эволюции по всему миру. Сегодня технологии и стоимость обработки в облаке достигают неба. Все они скоро устареют и должны быть заменены новыми и более инновационными. Цифровая инженерия помогает с этими заменами, а также с изменением и модификацией текущих.

- *Усовершенствованный опцион.* Цифровой инжиниринг также обеспечивает расширенный выбор опционов. Это процесс оценки целей, ограничений и компромиссов проекта для достижения оптимального решения. Благодаря цифровому проектированию доступно больше вариантов, и их легче сравнивать и сопоставлять, чтобы найти лучший вариант.

- *Объяснимость данных.* Цифровая инженерия также позволила расширить возможности расшифровки данных. Это означает, что данные более прозрачны и могут быть легко поняты теми, кто не является инженером. Кроме того, цифровая инженерия помогла улучшить общение между членами команды, а также между инженерами и клиентами.

- *Преобладают инженерные основы.* Несмотря на развитие технологий, основы инженерии остаются прежними. Цифровая инженерия не изменила потребности в хорошем понимании математики и физики. Фактически эти дисциплины даже более важны в цифровой инженерии, чем в традиционной.

- *Расширенное сотрудничество.* Цифровая инженерия также привела к расширению сотрудничества. Благодаря цифровым инструментам членам команды легче общаться и совместно работать над проектами. Кроме того, цифровая инженерия помогла улучшить общение между инженерами и клиентами [10].

2.3 Основные инструменты цифровой инженерии

Существует множество различных инструментов, которые цифровые инженеры могут использовать, чтобы помочь им в работе. Вот семь самых популярных.

- Программное обеспечение для автоматизированного проектирования (САПР) – это программное обеспечение используется для создания двухмерных и трехмерных моделей изделий. Программное

обеспечение САПР имеет важное значение для цифровых инженеров, поскольку оно позволяет им создавать подробные модели своих проектов.

Топ-3 САПР:

Fusion 360

Corel CAD

SOLIDWORKS

– Программное обеспечение для управления жизненным циклом продукта (PLM) – это программное обеспечение используется для управления данными, связанными с продуктом, на протяжении всего его жизненного цикла. Программное обеспечение PLM важно для цифровых инженеров, поскольку оно помогает им отслеживать и управлять всеми данными, связанными с их продуктами.

Топ-3 ПО PLM:

UpChain

арена

Тимцентр Сименс

– Моделирование программного обеспечения – это программное обеспечение используется для имитации поведения продукта. Программное обеспечение для моделирования важно для цифровых инженеров, поскольку оно позволяет им тестировать свои продукты в виртуальной среде.

Топ 3 программного обеспечения для моделирования:

Matlab

Anylogic

SimScale

– Программное обеспечение для анализа методом конечных элементов (FEA) – это программное обеспечение используется для анализа напряжения и деформации продукта. Программное обеспечение FEA важно для цифровых инженеров, поскольку оно помогает им гарантировать, что их продукты безопасны и не выйдут из строя под нагрузкой.

Топ 3 программного обеспечения FEA:

SimScale

OpenFoam

ABAQUS

– Программное обеспечение для автоматизированного производства (CAM) – это программное обеспечение используется для создания инструкций по изготовлению продукта. Программное обеспечение CAM важно для инженеров по цифровым технологиям, поскольку оно помогает им гарантировать, что их продукты могут быть изготовлены правильно.

Топ 3 программного обеспечения CAM:

Fusion360

Камера SolidEdgePro

GibbsCAM

– Программное обеспечение для информационного моделирования зданий (BIM) – это программное обеспечение используется для создания трехмерных моделей зданий. Программное обеспечение BIM важно для цифровых инженеров, поскольку оно позволяет им создавать подробные модели зданий.

Топ-3 программного обеспечения BIM:

Архитектор Vectorworks

TeklaStructures

Графисофт АРХИКАД

– Программное обеспечение географической информационной системы (ГИС) – это программное обеспечение используется для составления карты мира и отслеживания изменений в окружающей среде. Программное обеспечение ГИС важно для цифровых инженеров, поскольку оно помогает им отслеживать изменения в мире и планировать будущие проекты.

Топ-3 программного обеспечения ГИС:

Google Планета Земля Про

BatchGeo

ArcGISOnline

Это лишь некоторые из множества различных инструментов, которые могут использовать цифровые инженеры. Используя эти инструменты, цифровые инженеры могут создавать подробные модели своих проектов, отслеживать и управлять всеми данными, связанными с их продуктами, моделировать поведение своих продуктов и обеспечивать их безопасность и устойчивость к нагрузкам. Кроме того, цифровые инженеры могут использовать эти инструменты для создания инструкций по производству своей продукции и отслеживания изменений в мире. Используя эти инструменты, цифровые инженеры могут помочь обеспечить высочайшее качество своих продуктов и соответствие всем требованиям своих клиентов [10].

2.4 Эффективность цифровой инженерии

За последние три десятилетия ИТ-инфраструктура значительно улучшилась, и это цифровое преобразование оказало значительное влияние на все без исключения организации и предприятия. Однако быстро, буквально на глазах, меняющееся будущее требует трансформации нового вида, охватывающей не только информационные технологии (ИТ), но и инжиниринг, который позволит персонализировать и оптимизировать взаимодействие с пользователями за счет цифровых и других прорывных технологий [11].

Традиционный разрыв между «верхним этажом» и цехом, то есть между управленцами и производственным персоналом, стирается из-за новых компонентов систем управления и оборудования, подключенных к «Интернету вещей» (InternetofThings, IoT). Это подключение может мгновенно обеспечить самую глубокую видимость любого процесса с любого места не только предприятия, а даже всего мира. Внедрение «умных технологий» в цеха производственных предприятий повышает

эффективность производства и сокращает общие затраты. Это и есть одна из главных составляющих успеха цифровой инженерии.

Помимо систем управления производственными процессами (Manufacturing Execution System, MES), основу для интеллектуальных фабрик обеспечивают службы управления производственными активами.

Под этими активами сейчас понимается совокупность машин, оборудования, зданий и сооружений, а также персонала, то есть всего того, что участвует в производстве продукта и создании добавленной стоимости.

Такие системы контролируют инфраструктуру, которая снабжает заводы энергией и обеспечивает бесперебойную работу производственных линий. Только в последние несколько лет технологические и коммерческие причины вынудили компании работать через операционные технологии (OT) и обеспечили их конвергенцию, или, говоря простым языком, слияние с ИТ. Интеграция операционных и информационных технологий привлекательна тем, что помогает избежать разделения технологических областей и области менеджмента и ответственности. Объединение процесса и информационного потока открывает множество возможностей, особенно в том случае, когда к «Интернету вещей» подключается все больше устройств.

На пути цифровизации, как и в любом другом начинании, существуют определенные трудности.

Поскольку цифровая инженерия находится на ранней стадии развития, многие предприятия пытаются масштабировать уже имеющуюся инженерию до желаемого уровня и тем самым оказать положительное влияние на бизнес, повысив прибыль производства (что и является конечной целью любого предприятия).

Изменения в управлении следует соотносить с усилиями по цифровому проектированию, поскольку это может привести к модификациям на уровне организации.

При оценке финансовых возможностей цифровой инженерии необходимо увязать изменения структуры управления с конкретной

утвержденной бизнес-целью, чтобы гарантировать успех проекта. Учитываемые параметры могут включать выпуск продукта, достижение заданного уровня качества и обеспечение устойчивости производства, обуславливаемые каким-либо рычагом – людьми, процессами или технологиями. Меры, предпринимаемые цифровыми инженерами, по-прежнему ориентированы на человека. Искусственный интеллект, алгоритмы машинного обучения, IoT и все остальные футуристические технологии должны затрагивать жизнь и способствовать созданию устойчивого и инклюзивного общества. Соответственно, успех трансформации методом цифровой инженерии следует измерять по возврату стоимости, а не только по возврату инвестиций.

Наконец, поскольку организации концентрируются на данных, долгосрочные преимущества цифрового инжиниринга должны выходить за рамки бизнес-аналитики и способствовать достижению показателей, лучше поддающихся количественному определению, например, таким как снижение затрат на проведение инвентаризации.

Цифровая инженерия разрушает границы между физическим и цифровым мирами. Эти технологические концепции могут выступать в роли катализатора и рулевого колеса, помогать устранять однообразные и повторяющиеся процедуры и таким образом максимизировать рентабельность и повышать эффективность. Хотя это направление еще находится на ранней стадии развития, все технологические гиганты уже осознали ту большую роль, которую цифровая инженерия сыграет для будущего клиентов и бизнеса. Революция цифровой инженерии уже на пороге и в ближайшие годы будет только набирать обороты [11].

Раздел 3 Цифровые технологии в эпоху Индустрии 4.0

Четвертая промышленная революция или Индустрия 4.0 – переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в **глобальную промышленную сеть вещей и услуг**.

Термин Индустрия 4.0 был предложен на Ганноверской ярмарке в 2011 году, а популяризирован в 2015 году Клаусом Швабом, основателем и исполнительным председателем Всемирного экономического форума [13]. Под ним подразумевают процесс коренного преобразования глобальных цепочек создания ценности, логическим итогом которого станет мир, где виртуальные и физические системы производства гибко взаимодействуют между собой на глобальном уровне, обеспечивая полную адаптацию продуктов и формирование **новых операционных моделей**.

Индустрия 4.0 изначально служила названием проекта федерального правительства, призванного продвигать внедрение цифровых технологий в производстве. Оно впоследствии прижилось как общее понятие, подразумевающее **цифровое производство с подключением к сети**: станки и товары рассматриваются как связанные друг с другом «умные» компоненты, умеющие обмениваться данными на местном, глобальном уровнях и за пределами предприятий. Этот подход призван предоставить беспрецедентную прозрачность и гибкость.

Основанные на аппаратном и программном обеспечении цифровые технологии сами по себе не являются новшеством, но **объединяясь в глобальные сети**, постоянно совершенствуясь, интегрируясь все в новые и новые сферы человеческой жизни, они неуклонно **трансформируют глобальную экономику**, уходя все дальше от уровня третьей промышленной революции [12].

3.1 Этапы развития индустрии производства

Около трех веков потребовалось, чтобы осуществить переход от «пара» к «цифре».

Первая промышленная революция произошла на рубеже 1760-х годов. Именно тогда, с началом промышленного применения парового двигателя и активного строительства железных дорог, закончилась эпоха малоэффективного ручного труда и началось стремительное развитие машинного производства.

Конец XIX века был ознаменован масштабной электрификацией и широким внедрением на производстве конвейеров, положивших начало массовому производству, каким мы его знаем – **вторая промышленная революция**.

Третья промышленная революция – компьютерная или цифровая – началась в 1960-х годах и продолжается до нашего времени. Ее пусковым механизмом стало изобретение и широкое применение полупроводников, ЭВМ, а позже – персональных компьютеров и сети Интернет.

Началом **четвертой промышленной революции** стал рубеж тысячелетий. Она принесла с собой массовое использование сети Интернет, разработку миниатюрных производственных устройств, самообучающихся машин и искусственного интеллекта.

Некоторые аналитики считают современный взлет технологий продолжением третьей промышленной революции, но в то время как Индустрия 3.0 была направлена на **автоматизацию отдельных процессов**, Индустрия 4.0 предусматривает **сквозную цифровизацию всех физических активов и их интеграцию в цифровую экосистему** вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости, без непосредственного участия человека. Стремительный рост темпов развития технологий, глубина и масштаб их применения наталкивают на мысль, что новые тенденции лишь укрепятся и приведут к полному изменению существующего технологического уклада [12, 14].

3.2 Роль цифровизации в Индустрии 4.0

Германские ученые сформулировали несколько основных принципов построения Индустрии 4.0, следуя которым компании могут внедрять сценарии четвертой промышленной революции на своих предприятиях.

Первый – это **совместимость**, что означает способность машин, устройств, сенсоров и людей **взаимодействовать** и общаться друг с другом через интернет вещей (IoT).

Это ведет к следующему принципу – **прозрачности**, которая появляется в результате такого взаимодействия. В виртуальном мире создается цифровая копия реальных объектов, систем функций, которая точно повторяет все, что происходит с ее физическим клоном. В результате накапливается максимально **полная информация обо всех процессах**, которые происходят с оборудованием, «умными» продуктами, производством в целом и так далее. Для этого требуется обеспечить возможность сбора всех этих данных с сенсоров и датчиков и учета контекста, в котором они генерируются.

Поддержка принятия решений – третий принцип Индустрии 4.0. Суть его в том, что компьютерные системы помогают людям **принимать решения** благодаря **сбору, анализу и визуализации** всей той информации, о которой говорится выше. Эта поддержка также может заключаться в полном замещении людей машинами при выполнении опасных или рутинных операций.

Четвертый принцип – **децентрализация управленческих решений**, делегирование некоторых из них **киберфизическим системам**. Идея в том, чтобы автоматизация была настолько полной, насколько это вообще возможно, везде, где машина может эффективно работать без вмешательства людей, рано или поздно должно произойти **человекозамещение**. Сотрудникам при этом отводится роль контролеров, которые могут подключиться в экстренных и нестандартных ситуациях.

Можно часто наблюдать, что термины «Цифровое производство» и «Индустрия 4.0» приравнивают друг другу. Это не совсем так, **цифровизация – пограничный этап между третьим и четвертым этапом развития индустрии**, она является заключительным этапом Индустрии 3.0 и **фундаментом** для начала четвертой промышленной революции [12].

«**Цифровое производство**» – это приложение идей и технологий переживаемой ныне «цифровой революции» к производственным процессам.

3.3 Технологии Индустрии 4.0

Основа «цифровой революции» – возможность **сбора и передачи информации** в любой форме и объеме из любого места. Этому способствует повсеместное использование смартфонов, датчиков, видеокамер, GPS-трекеров, радио-меток и пр., а также развитие интернета вещей. Возникающая на их основе «**сетевая культура**» кардинальным образом перестраивает бизнес-модели во многих отраслях. Еще одна технология – «**цифровые двойники**» оборудования. Они отображают **реальное состояние оборудования**, непрерывно обновляются с помощью данных с датчиков и позволяют **прогнозировать** его поломки и отказы. Также «цифровое производство» способствует использованию **киберфизических систем**, которые позволяют воплотить в жизнь цифровой образ изделия с помощью 3D-печати. Внедряются технологии добавленной, виртуальной и смешанной реальности. Они напротив позволяют человеку использовать цифровые визуальные образы реального мира в своей деятельности».

Технологии – основа «Индустрии 4.0», без них невозможна трансформация промышленного производства. Часть ключевых технологий активно внедряется, часть пока проходит предварительные испытания в научно-исследовательских центрах, но их эффективность уже надежно доказана практикой применения.

Анализ больших данных

Цели применения: **повышение качества продукции, энергосбережение и усовершенствование порядка обслуживания**

оборудования. Для эффективного применения важна **интеграция данных** из нескольких информационных систем, в том числе управления производством, учета ресурсов, управления отношениями с клиентами и др.

Автономные роботы

Современные роботы настраиваются и конструируются так, чтобы **взаимодействовать между собой и с сотрудниками, самостоятельно обучаться** и оптимизировать собственные операции.

Симуляция (моделирование)

Виртуальное моделирование продуктов, материалов и процессов уже применяется на этапе инженерных разработок, в будущем его применение расширится для **имитации полного цикла операционных и производственных процессов**. Эти модели будут извлекать данные в режиме реального времени для создания **виртуальной копии** реального производства с участием машин, продуктов и сотрудников. Это позволит операторам тестировать и оптимизировать настройки оборудования при помощи виртуальной модели до внесения изменения непосредственно на физическом производстве.

Промышленный интернет вещей

В настоящее время только некоторое оборудование на производстве использует **межмашинное подключение (M2M)** и использует встроенные вычислительные мощности. Промышленный интернет вещей предполагает оснащение **встроенными датчиками** все большее количество производственных объектов и даже незавершенную продукцию. Это позволит передавать большие объемы данных как между машинами, так и централизованным системам контроля, осуществить децентрализацию систем аналитики и принятие решений, обеспечивая работу в режиме реального времени.

Кибербезопасность

В управлении и на производстве многие компании по-прежнему полагаются на ИТ-решения, которые являются закрытыми и не

соединенными с внешним миром. При увеличении соединений и использовании стандартных протоколов соединений, которые предполагает Индустрия 4.0, становится очевидной потребность в защите ключевых производственных систем и линий от киберугроз. Поэтому **безопасные подключения и надежные подходы к управлению доступом** к системам являются неотъемлемым условием развития корпоративных информационных систем.

Облачные вычисления

Многие компании уже используют программное обеспечение и системы анализа на основе облачных платформ. Индустрия 4.0 предполагает **увеличение потоков обмена данными**, выходящих за пределы отдельно взятой компании. Растет и вычислительная мощность облачных платформ. В дальнейшем производственные системы мониторинга и контроля, возможно, перейдут на облачные платформы.

Аддитивное производство

Компании постепенно начинают применять инструменты аддитивного производства, например, 3D-печать. Сейчас основная область применения - это **прототипирование и создание отдельных компонентов**. В Индустрии 4.0 инструменты аддитивного производства могут применяться более широко, в том числе для производства небольших партий **кастомизированной продукции**.

Дополненная реальность

Системы дополненной реальности оптимизируют работу на складе и подбор комплектующих, направляя инструкции на мобильные устройства производственных рабочих во время ремонта оборудования. В рамках Индустрии 4.0 сфера их применения будет расширяться с целью **упростить работу производственного персонала и обеспечить поддержку принятия решений**.

При помощи 3D-модели и очков дополненной реальности модуль помогает персоналу справляться с экстренными ситуациями в режиме

виртуальной симуляции. В этом виртуальном мире операторы учатся взаимодействовать с оборудованием при помощи цифровой презентации, изменять параметры оборудования и отображать операционные показатели и инструкции по ремонту.

Совокупность технологий, обеспечивающих взаимодействие между виртуальным и физическим миром, называется **киберфизическими системами.** Применительно к промышленности используется термин «киберфизические производственные системы». Зачастую киберфизические системы ориентированы на то, чтобы каким-либо образом **управлять окружающей средой.** Они объединяют информацию от интеллектуальных датчиков, распределенных в физической среде, для лучшего понимания среды и выполнения более точных действий [12].

3.4 Возможности Индустрии 4.0

«Индустрия 4.0» приведет к созданию более гибких систем, участники которых будут обмениваться информацией через Интернет, что, в свою очередь, значительно **увеличит эффективность труда и сократит издержки в производственных процессах.**

Вертикальная интеграция по цепочке создания стоимости. «Индустрия 4.0» предусматривает цифровизацию и интеграцию процессов по вертикали в рамках всей организации, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и сервисным обслуживанием. Все данные об операционных процессах, их эффективности, управлении качеством и операционном планировании доступны в режиме реального времени в едином информационном пространстве, оптимизированы под различные платформы

Горизонтальная интеграция нескольких цепочек создания стоимости. Горизонтальная интеграция выходит за пределы деятельности одного предприятия и охватывает поставщиков, потребителей и всех ключевых партнеров по цепочке создания стоимости. Используются

инструменты интегрированного планирования, учитывающие входящие параметры от партнеров (смещения сроков поставок, изменения объемов производства и др.), что позволяет оперативно корректировать планы.

Цифровизация продуктов и услуг. Цифровизация товаров предполагает дополнение имеющихся продуктов интеллектуальными датчиками или устройствами связи, совместимыми с инструментами анализа данных. Благодаря внедрению новых методов аналитики у компаний появляется возможность получать данные об использовании продуктов и дорабатывать эти продукты в соответствии с новыми требованиями конечных пользователей.

Внедрение принципов Индустрии 4.0 позволяет получить ряд преимуществ, недоступных в традиционных моделях прошлого. Например, теперь компании могут достичь **индивидуального подхода и персонализировать заказы** согласно личным предпочтениям клиентов, что резко повышает их лояльность.

Старые заводы и фабрики превращаются в «умные» и начинают выпускать буквально штучные продукты по индивидуальному заказу. При этом **снижаются удельные затраты** на производство единицы продукции.

Прогнозируемые глобальные изменения

В результате четвертой промышленной революции фундаментальными переменами будут охвачены практически все сферы жизни человека. Выделяются следующие вероятные последствия развития индустрии 4.0:

- **освобождение от рутины**, снижение значимости и постепенно исчезновение физического труда;
- фундаментальная трансформация экономики, преимущественное **развитие отраслей экономики**, имеющих доступ к **большим массивам данных**;
- рост социального расслоения за счет **исчезновения значимости огромного количества профессий**, интеллектуальные и творческие возможности станут основной ценностью на рынке труда;

– исчезновение рутины и типовых задач в связи с **автоматизацией** подавляющего большинства процессов такого рода;

– **прозрачность мира**, обусловленная взаимопроникновением реальной и цифровой среды, новыми возможностями цифрового контроля нежелательных социальных явлений и событий [12].

Раздел 4 Архитектура «фабрик будущего»: цифровая, «умная», виртуальная

4.1 Основные понятия [15]

Понятие	Определение
Фабрика будущего	Современное производство нового поколения для изготовления глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции, а также для решения актуальных задач по импортозамещению и развитию высокотехнологического экспорта российской продукции на основе применения передовых производственных технологий с эффективным применением концепции открытых инноваций и трансфера передовых наукоемких технологий
Модельная архитектура	Документ, регламентирующий требования и стандарты организации и работы Фабрик будущего, согласно основным элементам и технологиям, составляющим современное производство (проектирование и моделирование, процесс изготовления, управления производством и логистикой, управление безопасностью, инфраструктурное обеспечение). Совокупность взаимосвязанных компонентов, характеристик, требований к ней и требований к проектам по созданию «Фабрики будущего». Для целей поддержки развития различных типов Фабрики будущего введено несколько классов комплексных решений: Цифровая фабрика, Виртуальная фабрика, Умная фабрика – решающих различные типы задач обеспечения производственного процесса
Элемент Модельной архитектуры	Компьютерные, высокоточные и информационные компоненты, интегрированные с высокопроизводительной рабочей силой, которое создает систему, сочетающую в себе преимущества массового производства и в то же время гибко настроенную на необходимый в данный момент объем выпуска и обладающую высокой степенью кастомизации с целью быстрого реагирования на потребности клиентов
Передовые производственные технологии (ППТ)	Комплекс процессов проектирования и изготовления на современном технологическом уровне кастомизированных (индивидуализированных) материальных объектов (товаров) различной сложности – основанных на комплексе

	<p>мультидисциплинарных знаний, наукоемких технологий и системы интеллектуальных ноу-хау – в первую очередь цифрового моделирования и проектирования, новых материалов и аддитивных технологий с последующим добавлением к этой цепочке новых технологических элементов – робототехники, сенсорики, BigData, индустриального Интернета, прочих ППТ, обеспечивающих переход от цифрового (DigitalFactory) к «умному» (SmartFactory) и/или виртуальному (VirtualFactory) уровню «фабрики будущего».</p> <p>Ключевыми технологическими направлениями, способствующими обновлению производства, являются: передовые материалы; цифровое моделирование и проектирование, включая бионический дизайн, суперкомпьютерный инжиниринг и оптимизацию; аддитивные и гибридные технологии</p>
Компетенции	Способность применять знания, навыки и технологии, успешно действовать на основе практического опыта при решении задач широкого плана или в отдельно узкоспециализированной области. Реализуются на базе образовательных программ, программ подготовки и переподготовки на базе центров компетенций и др. организационных форм
Цифровая фабрика (DigitalFactory)	Производство, основанное на использовании технологий цифрового моделирования и проектирования глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции нового поколения и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла, что позволяет радикально сократить сроки вывода на рынок и повысить интеллектуалоемкость продуктов (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т.д.)
«Умная» фабрика (SmartFactory)	Производство, оснащенное высокотехнологичным оборудованием: 3D-принтерами, ЧПУ-станками, робототехническими комплексами, датчиками, сенсорами, а также автоматизированными системами управления технологическими процессами и системами оперативного управления производственными процессами на уровне цеха, которые позволяют осуществлять быструю и гибкую («автоматизированную») переналадку оборудования (в т.ч. межмашинное взаимодействие). Такой подход предоставляет возможность радикально повысить производительность, экологичность и

	энергоэффективность производства как массовой, так и кастомизированной продукции, удовлетворяющей требованиям рынка и потребителей. «Умная» Фабрика формируется, как правило, на основе Цифровой Фабрики
Виртуальная фабрика (VirtualFactory)	Распределенная сеть Цифровых и «Умных» Фабрик, а также поставщиков услуг / компонентов. Виртуальная фабрика призвана сократить издержки и расширить конкурентные предложения на рынке за счет использования технологий управления глобальными цепочками поставок и распределенными производственными активами
Гибкая производственная ячейка (ГПЯ)	Совокупность нескольких гибких производственных модулей, а также информационная система управления, обеспечивающая функционирование ГПЯ. В некоторых разновидностях ГПЯ оборудование с ЧПУ может отсутствовать, а сама ячейка в таком случае состоит только из роботов, устройств автоматической сборки и конвейерных систем. Обычно такие системы обслуживают станки с ЧПУ (загружают и разгружают их, перемещают материалы и компоненты по заданному маршруту). ГПЯ является менее гибкой системой, чем ГПМ
Гибкий производственный модуль (ГПМ)	Единица технологического оборудования, включающая в себя станок с ЧПУ, а также устройства автоматической сборки. Модуль способен функционировать автономно, а также в составе гибких производственных ячеек и гибких производственных систем
Гибкая производственная система (ГПС)	Совокупность технологического оборудования, объединяющая некоторое количество ГПЯ и ГПМ и характеризующаяся наличием информационной системы управления. Особенности ГПС являются: возможность автоматической переналадки, широкое использование роботов, безлюдное производство. Как правило, различают два типа гибкости ГПС: <ul style="list-style-type: none"> • гибкость станочного парка (гибкость машины): способность машин адаптироваться под производство новых продуктов, а также менять порядок операций, выполняемых на детали; • Операционная гибкость: возможность использовать разные машины для выполнения одной и той же операции, а также приспосабливаться к значительным изменениям (в объемах производства, загруженности, производственной мощности)

Testbeds	Испытательные площадки (полигоны) для разработки и тестирования совместимости технологий, стандартов и др. элементов модельной архитектуры в среде, напоминающей реальные условия, и оценки потенциала их интеграции в производство
Проектный консорциум в цифровых производствах	<p>Временное добровольное объединение российских технологических компаний, промышленных предприятий, инжиниринговых и инновационных центров, университетов и «фабрик мысли» по продвижению проектов государственно-частного партнерства в цифровом производстве, сформированное в рамках Рабочей группы «Передовые производственные технологии» Национальной технологической инициативы с целью:</p> <ul style="list-style-type: none"> • поддержки конкурентных позиций российских производственных компаний и научных организаций и возможностей их включения в международные технологические цепочки; • разработки отечественной производственной и сервисной инфраструктуры для развития реального сектора экономики. <p>Деятельность проектного консорциума по цифровому производству направлена на:</p> <ul style="list-style-type: none"> • создание испытательных площадок/«полигонов» (testbeds); • реализацию проектов НИР и НИОКР; • разработку стандартов и проведение сертификации; • реализацию кадровых и образовательных проектов
Промышленный стандарт	Документ, в котором устанавливаются характеристики продукции, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг
Центры компетенций, включая Learningfactories	Учебный (обучающий) завод для профессиональной подготовки кадров, включающий систему мероприятий по организации центров компетенций и развитию образовательных программ, проекты по формированию профессионального сообщества и развитию кадрового потенциала в области передовых технологий
Экосистема	Система физической и сервисной инфраструктуры поддержки инноваций, финансирования инновационных технологических проектов, обеспечивающая результативное взаимодействие между организациями и людьми

4.2 Сравнительная характеристика традиционного и передового производства

Традиционное производство:

- низкий уровень автоматизации;
- низкая производительность труда;
- контроль и управление затруднены;
- низкая скорость передачи и обработки информации;
- длинные производственные циклы;
- медленная адаптация к изменениям;
- невозможность изготовления сверхсложных изделий.

Передовое производство:

- высокий уровень автоматизации;
- высокая производительность труда;
- доступ к актуальной информации в режиме реального времени для всех подразделений информации;
- удешевление конечной продукции;
- минимизация брака;
- сокращение производственных циклов;
- максимальная гибкость;
- возможность массовой кастомизации;
- возможность изготовления сверхсложных изделий [16].

4.3 Сущность понятия «фабрика будущего»

Под «фабриками будущего» понимаются системы комплексных технологических решений, обеспечивающих в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения, которые, как правило, генерируются на основе испытательных полигонов (TestBeds).

Уже сейчас Россия входит в топ-20 стран по количеству технологических заделов в области передовых производственных технологий

и по количеству первых патентных заявок по ряду технологических направлений, включая 3D-печать, нанотехнологии и робототехнику.

К 2020-2030 гг. глобальная индустрия перейдет к масштабированию использования передовых производственных технологий, которые сегодня еще относятся к неконвенциональным.

К 2035 г. цифровое и интеллектуальное производство станет массовым, произойдет изменение архитектуры рынков, цепочек поставок и переход к виртуальным распределенным производствам.

Основными трендами «Фабрик будущего» являются: комплексирование мультидисциплинарных и кросс-отраслевых передовых технологий, распространение универсальных межотраслевых платформенных решений, широкое распространение передовых производственных технологий, формирование нового неконвенционального пакета в развитых странах, радикальное удешевление и ускорение циклов разработки и производства и развитие системы распределенного производства.

Составными технологическими направлениями «Фабрик будущего» являются: цифровое проектирование и моделирование, высокопроизводительные вычисления, технологии оптимизации (CAD, CAE, HPC, CAO); технологическая подготовка производства (CAM); технологии управления данными о продукте (PDM) и технологии управления жизненным циклом изделий (PLM); новые материалы, в том числе передовые сплавы, передовые полимеры и т.д.; аддитивные технологии, включая 3D-принтеры; CNC-технологии и гибридные технологии (включая станки и технологии оборудования с числовым программным управлением); промышленная сенсорика; информационные системы управления предприятием (ICS, MES, ERP, EAS); BigData и индустриальный интернет.

«Фабрики будущего», по сравнению с традиционными производствами, будут обладать следующими преимуществами: сокращение затрат на производство до 50%; сокращение времени производства в 2-3 раза;

цифровизация производственных процессов на уровне до 95%; возможность прототипирования, проектирования новых процессов производства, существенно снижающей время выхода на рынок готовой продукции (time-to-market); повышенная предсказуемость производственных процессов.

Кроме того, «Фабрики будущего» обеспечат ряд достижений: безлюдное интеллектуальное производство не менее 50% технологических операций; переход к виртуальному управлению цепочками поставок (с использованием Bigdata и предикативной аналитики); соединение больших программных пакетов в единую систему, обеспечивающую управление производством; снижение количества дефектной продукции; повышенная кастомизация производственного процесса и использование новых [17].

Можно выделить 3 группы фабрик, которые различаются по масштабу применяемых технологий и охватом этапов жизненного цикла.

1. Цифровые фабрики (цифровое проектирование моделирование продукции и производства).

Целью цифровых фабрик является возможность увидеть продукт еще до того, как он будет произведен. Это достигается с помощью следующих технологий: цифрового моделирования и проектирования (CAD, CAE, HPC, CAO, CAM и др), аддитивных и гибридных технологий, CNC-технологий (станки с ЧПУ), новых материалов, которые в настоящее время уже широко распространены. Основным инструментом цифровых фабрик является программное обеспечение для проведения испытаний продуктов, процессов еще до момента производства. Также важной особенностью является то, что вместо натуральных проводятся виртуальные испытания, физические прототипы отсутствуют, осуществляется цифровая сертификация. Такие фабрики обеспечивают повышение качества моделирования и проектирования продуктов, производственных систем, что позволяет принимать более грамотные решения в дальнейшем на протяжении всего жизненного цикла.

В результате цифровые фабрики дают следующие эффекты: сокращение числа ошибок при проектировании, повышение качества

продуктов, сокращение переделок и производственных отходов, сокращение срока вывода продуктов на рынок [14].

2. Умные фабрики (гибкое производство, автоматизация индустриальный интернет).

Целью умных фабрик является увеличение автоматизации, улучшение контроля и оптимизация процессов на фабрике. Инструментами выступают уже не только программное обеспечение для цифрового моделирования и проектирования, но и лазеры, датчики, встроенные в промышленное оборудование и инфраструктуру. Производство на таких фабриках является гибким, кастомизированным, быстро переналаживаемым. Важную роль играют промышленные роботы, используется Индустриальный Интернет, большие данные, сенсорика, MES- и ICS-системы. Умная фабрика ориентирована на этапы от планирования до серийного производства. Цена не зависит от серийности, обеспечивается с помощью логистической системы модулей, обеспечивающих реализацию процессов без участия человека.

Сокращение отходо- и энергоёмкости производства, повышение продуктивности, сокращение предпусковых/предостановочных операций, повышение качества продукции – такие эффекты предоставляют умные фабрики. Они обеспечивают гибкое производство и массовую кастомизацию [14].

3. Виртуальные фабрики (управление цепочками поставок и распределенными активами).

Они включают в себя технологии цифровой и умной фабрики, однако их возможности значительно шире. Цель построения таких фабрик – распределенное сетевое производство, управление цепочками поставок и создание добавленной стоимости через интеграцию продуктов и услуг. Они объединяют в сеть – цифровые и умные фабрики как части глобальной цепочки, но продуктом виртуальной фабрики является модель территориально распределённых фабрик в единый объект со всеми

логистическими, организационными и другими процессами. Средствами создания фабрик будут программное обеспечение для полного соединения и управления распределенными активами фабрики; новые бизнес-модели и конкурентные предложения. Важную роль играют информационные системы управления предприятием, которые охватывают все внутренние процессы и сетевые взаимодействия (ERP, CRM, SCM системы).

Основными эффектами внедрения виртуальных фабрик станут повышение добавленной стоимости продуктов, увеличение занятости, прозрачность цепочек поставок, защита интеллектуальной собственности, сокращение выбросов углекислого газа, по мнению европейских экспертов проекта «FactoriesoftheFuture» [14].

Таким образом, создание Фабрик Будущего предполагает переход от традиционного производства, которому присущи низкий уровень автоматизации, постоянный контроль и ручное программирование к передовому. Передовое производство обеспечивает внедрение новых технологий и новых бизнес-моделей. Цифровое проектирование и моделирование позволяют производить сложные модели, с оптимальными характеристиками, сложными формами [14].

Вопросы для самоконтроля

1. Раскройте содержание понятия «инновация».
2. Осветите роль инноваций в экономическом развитии.
3. Сформулируйте причины возникновения инноваций.
4. Укажите, в чем состоят функции и свойства инноваций.
5. Изложите критерии классификации инноваций и их виды.
6. Как можно определить инновационную деятельность?
7. Какие виды инновационной деятельности существуют?
8. Как соотносятся понятия «инновационная деятельность» и «инновации»?
9. Как соотносятся понятия «инновационная деятельность» и «научно-техническая деятельность»?
10. Что входит в понятие «объект инновационной деятельности»?
11. Перечислите основных субъектов инновационной деятельности.
12. Охарактеризуйте этапы развития инновационного процесса.
13. Опишите существующие проблемы в области инноваций в РФ.
14. Охарактеризуйте состояние инновационной деятельности в РФ.
15. Перечислите возможные направления активизации инновационной деятельности в РФ.
16. Раскройте содержание государственной инновационной политики в РФ.
17. Эффективность инновационной деятельности.
18. Цифровизация инновационной деятельности.
19. Назовите основные преимущества цифровой инженерии.
20. Какие особенности и инструменты цифровой инженерии существуют?
21. Назовите этапы развития индустрии производства.
22. Сформулируйте роль цифровизации в Индустрии 4.0?
23. Опишите технологии и возможности Индустрии 4.0.

24. Приведите сравнительную характеристику традиционного и передового производства.

25. Архитектура «фабрик будущего»: цифровая.

26. Архитектура «фабрик будущего»: «умная».

27. Архитектура «фабрик будущего»: виртуальная.

Список типовых заданий для контрольной работы

1. Меры поддержки инноваций в развитых странах.

2. Меры поддержки инноваций в развивающихся странах.

3. Опыт формирования и управления инновационной сферой за рубежом.

4. Проблемы перехода нефтехимического сектора России на инновационный путь развития.

5. Инновационный вариант развития: долгосрочное прогнозирование.

6. Особенности научно-технического прогресса в России.

7. Основные направления научных исследований в Российской Федерации.

8. Основные направления научных исследований в зарубежных странах.

9. Инициативы, направленные на развитие Индустрии 4.0. Advanced manufacturing partnership (США).

10. Инициативы, направленные на развитие Индустрии 4.0. Factories of Future partnership – Horizon 2020 (ЕС).

11. Инициативы, направленные на развитие Индустрии 4.0. Программа Industry 4.0 (Германия).

12. Инициативы, направленные на развитие Индустрии 4.0. Общество 5.0 (Япония).

13. Инициативы, направленные на развитие Индустрии 4.0. Национальная технологическая инициатива (Россия).

14. Компьютерный инжиниринг, возможности цифрового проектирования.

15. Перспективы использования 3D печати для Фабрик Будущего.

16. Мета, наноматериалы и суперсплавы.

17. Инструменты управления цифровой компанией.

18. Построение логистических сетей для виртуальной фабрики.

19. Внедрение гибких производственных систем.

20. AeroNet, его цели и ключевые сегменты.

21. AutoNet, его цели и ключевые сегменты.

22. NeuroNet, его цели и ключевые сегменты.

23. HealthNet, его цели и ключевые сегменты.

24. FoodNet, его цели и ключевые сегменты.

25. EnergyNet, его цели и ключевые сегменты.

26. TechNet, его цели и ключевые сегменты.

27. Fitman, его цели и ключевые сегменты.

28. Simdat, его цели и ключевые сегменты.

29. EFPPF, его цели и ключевые сегменты.

30. TechnologiCS, его цели и ключевые сегменты.

31. ITMOUNIVERSITY, его цели и ключевые сегменты.

32. Концепция «умный дом».

33. Концепция «умных город».

34. Концепция «умный автомобиль».

35. Концепция «умный завод» («умное производство»).

36. Моделирование в химической промышленности.

Тестовые задания для промежуточной аттестации

1. Термин «инновация» ввёл в научный оборот:

а) Пётр I, 1712 г.;

б) К. Маркс, 1867 г.;

в) Г. Форд, 1908 г.;

г) Й. Шумпетер, 1911 г.;

д) Б. Гейтс, 2008 г.

2. Какие случаи нововведений выделял Й. Шумпетер в своём основополагающем труде «Теория экономического развития» (1911)? (выберете все возможные варианты)

- а) появление новых рынков сбыта;
- б) внедрение продукции с новыми свойствами;
- в) разработка нового материала;
- г) использование новых технологий.

3. Как определяет инновации «Руководство Осло»?

а) результат инвестирования интеллектуального решения в разработку и получения нового знания;

б) введение в употребление какого-либо нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги) или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях;

в) новые комбинации, изменения в развитии;

г) изменение в организации производства и его материально-технического обеспечения.

4. Инновацией признаётся новшество: (выберите один вариант ответа)

- а) введённое в употребление (внедрённое);
- б) повышающее эффективность действующей системы;
- в) значительно изменяющее общественную жизнь;
- г) приносящее значительную материальную выгоду;
- д) технически прогрессивное.

5. Выберите правильную последовательность процессов сопровождающих инновации:

а) инвестиции – получение качественного улучшения – разработка – процесс внедрения;

б) разработка – получение качественного улучшения – инвестиции – процесс внедрения;

в) инвестиции – разработка – процесс внедрения – получение качественного улучшения;

г) разработка – процесс внедрения – инвестиции – получение качественного улучшения.

6. Какова цель нововведений? (выберите все возможные варианты)

а) повышение экономичности;

б) повышение качества жизни;

в) повышение морально-этического уровня;

г) повышение удовлетворённости клиентов.

7. Какие характеристики инноваций стали выделять с течением времени (по сравнению с изначальными характеристиками Й. Шумпетера)? (выберите все возможные варианты)

а) используются частично или полностью охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности;

б) достигается высокая экономическая эффективность в производстве или потреблении продукта;

в) использование нового сырья;

г) использование новых технологических процессов.

8. Какие две основные причины возникновения инноваций существуют?

а) моральная и этическая;

б) экономическая и политическая;

в) внутренняя и внешняя;

г) качественная и количественная.

9. Какое понятие НЕ ЯВЛЯЕТСЯ тождественным понятию «инновация»?

а) изобретение;

б) нововведение;

- в) изменение;
- г) концепция.

10. Какое понятие ЯВЛЯЕТСЯ тождественным понятию «инновация»? (выберите все возможные варианты)

- а) улучшение;
- б) креативность;
- в) прибыль;
- г) приоритет.

11. Какие функции выполняет инновация? (выберите все возможные варианты)

- а) научно-техническая;
- б) воспроизводственная;
- в) инвестиционная;
- г) стимулирующая.

12. Какие свойства инновации выделяют? (выберите все возможные варианты)

- а) научно-техническая новизна;
- б) качественная воспроизводимость;
- в) практическая воплощённость;
- г) коммерческая реализуемость.

13. В зависимости от технологических параметров инновации бывают: (выберите один вариант ответа)

- а) ложные и улучшающие;
- б) продуктовые и процессные;
- в) глобальные и точечные;
- г) региональные и национальные.

14. В зависимости от типа новизны для рынка инновации делятся на: (выберите один вариант ответа)

- а) радикальные, улучшающие, модификационные, псевдоинновации;
- б) производственные, управленческие, технологические, социальные;

- в) глобальные, национальные, региональные, точечные;
- г) продуктовые, процессные, экономические, торговые.

15. В зависимости от глубины вносимых изменений инновации делятся на: (выберите один вариант ответа)

- а) радикальные, улучшающие, модификационные, псевдоинновации;
- б) производственные, управленческие, технологические, социальные;
- в) глобальные, национальные, региональные, точечные;
- г) продуктовые, процессные, экономические, торговые.

16. В зависимости от сферы деятельности предприятия инновации делятся на: (выберите один вариант ответа)

- а) радикальные, улучшающие, модификационные, псевдоинновации;
- б) производственные, управленческие, технологические, социальные, экономические, торговые и т.д.;
- в) глобальные, национальные, региональные, точечные;
- г) продуктовые, процессные, экономические, торговые.

17. Инновационная деятельность – это:

- а) комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования;
- б) деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности;
- в) деятельность, направленная на поиск и реализацию инноваций в целях расширения ассортимента и повышения качества продукции, совершенствования технологии и организации производства.

18. Что является результатом инновационной деятельности? (выберите все возможные варианты)

- а) новые или дополнительные товары/услуги;
- б) патентование товара;

- в) товары/услуги с новыми качествами;
- г) повышение производительности труда.

19. Разновидностями основных видов инновационной деятельности может быть: (выберите все возможные варианты)

- а) ремонт производственных линий;
- б) НИОКР;
- в) технологические инновации;
- г) организационные нововведения.

20. Какие виды научно-технической деятельности рекомендует выделять ЮНЕСКО? (выберите все возможные варианты)

- а) научные исследования и разработки;
- б) опытно-конструкторские разработки;
- в) научно-технические услуги;
- г) научно-техническое образование и подготовка кадров.

21. Что охватывает понятие «масштаб научных работ»? (выберите все возможные варианты)

- а) научное направление;
- б) научная проблема;
- в) научная новизна;
- г) научная тема.

22. Субъектами инноваций являются:

- а) заказчики;
- б) инвесторы;
- в) исполнители работ по инновационному проекту;
- г) все перечисленные варианты.

23. Субъекты инновационной деятельности могут выполнять следующие функции: (выберите один вариант ответа)

- а) только заказчика и исполнителя;
- б) заказчика, исполнителя и инвестора;
- в) только инвестора;

г) заказчика и инвестора.

24. Сколько моделей развития инновационного процесса выделяют?

а) 3;

б) 4;

в) 5;

г) 6.

25. Какие действия необходимы для активации инновационной деятельности в РФ? (выберите все возможные варианты)

а) ограничение регистрации интеллектуальной собственности;

б) концентрирование инновационных возможностей в регионах;

в) создание Инновационного Агентства и Инновационного Фонда РФ;

г) создание российской базы данных в сфере инноваций.

26. Создание каких научно-инновационных центров должно быть приоритетным направлением инновационной активности в России?

а) научных связей;

б) научных разработок;

в) научных парков;

г) научных экспериментов.

27. Какие аспекты вопроса об информационном обеспечении инновационной активности в России выделяют? (выберите все возможные варианты)

а) систематическое освещение инновационной деятельности в СМИ;

б) использование инновационных возможностей регионов;

в) подготовка квалифицированных менеджеров инновационных проектов;

г) создание и поддержание современной базы данных.

28. Выберите верную цепочку организаций, которые выполняли весь инновационный цикл в эпоху СССР:

а) фундаментальные исследования – прикладные исследования – опытное производство – серийное производство;

б) серийное производство – опытное производство – прикладные исследования – фундаментальные исследования;

в) фундаментальные исследования – опытное производство – прикладные исследования – серийное производство;

г) прикладные исследования – серийное производство – фундаментальные исследования – опытное производство.

29. Что является отличительной особенностью развития инновационного процесса в современной России? (выберите все возможные варианты)

а) высокая роль иностранных источников финансирования исследователей и разработок;

б) слабая активность предпринимателей;

в) централизованное государственное финансирование исследований и разработок;

г) кадровая независимость инновационных исследователей;

30. На какие четыре группы были объединены все страны в зависимости от их технической эффективности по результатам анализа Европейского союза «Европейское табло инноваций»?

а) инновационные лидеры;

б) инновационные предприниматели;

в) догоняющие страны;

г) инновационные последователи;

д) опережающие страны;

е) страны – умеренные инноваторы;

ж) страны – эксперты инноваций.

31. Какой процесс становится определяющей тенденцией ближайших десятилетий?

а) коммерциализация;

- б) коммуникация;
- в) централизация;
- г) цифровизация.

32. Что положено в основу классификаций технических эпох по Л. Мамфорду и С.Ю. Глазьеву? (выберите один вариант ответа)

- а) используемая ключевая технология и виды энергии;
- б) концепция глобальной конкуренции цифровых решений;
- в) отношение мира человека и мира природы;
- г) взаимодействие государства и частных предпринимателей.

33. На каком технологическом укладе находится современный мир согласно классификации представленной С.Ю. Глазьевым?

- а) между 4 и 5;
- б) между 5 и 6;
- в) на 6;
- г) на 7.

34. Что выступает в качестве технологической основы согласно концепции Л. Мамфорда в эотехнической эпохе?

- а) вода и дерево;
- б) электричество и сплавы;
- в) уголь и железо;
- г) огонь и камень.

35. Что выступает в качестве технологической основы согласно концепции Л. Мамфорда в палеотехнической эпохе?

- а) вода и дерево;
- б) электричество и сплавы;
- в) уголь и железо;
- г) огонь и камень.

36. Что выступает в качестве технологической основы согласно концепции Л. Мамфорда в неотехнической эпохе?

- а) вода и дерево;

- б) электричество и сплавы;
- в) уголь и железо;
- г) огонь и камень.

37. Выберите вариант, отражающий верную хронологическую последовательность технических эпох, согласно концепции Л. Мамфорда:

- а) эотехническая – неотехническая – палеотехническая;
- б) эотехническая – палеотехническая – неотехническая;
- в) неотехническая – палеотехническая – эотехническая.

38. В соответствии с трактовкой С.Ю. Глазьева, технологические уклады представляют собой:

а) совокупность технологий, ценность которых обусловлена возможностью их применения в большинстве традиционных сфер инновационного и технологического развития;

б) важнейшие направления в науке и технике, которые могут помочь сделать новейший технологический рывок в мировой экономике;

в) совокупность технологий, которые в современных условиях международной глобальной конкуренции позволяют участникам рынка оперативно внедрять и коммерциализировать инновации и получать сверхприбыль;

г) группы технологических совокупностей, выделяемые в технологической структуре экономики, связанные друг с другом однотипными технологическими цепями и образующие воспроизводящиеся целостности.

39. Что является основой шестого технологического уклада согласно классификации С.Ю. Глазьева? (выберите один вариант ответа)

- а) масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гемо- и ядерной энергии;
- б) применение двигателя внутреннего сгорания;

- в) применение достижений микроэлектроники;
- г) применение текстильных машинами;
- д) применение парового двигателя;
- е) применение электродвигателя.

40. Что является основой пятого технологического уклада согласно классификации С.Ю. Глазьева? (выберите один вариант ответа)

- а) масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гемо- и ядерной энергии;
- б) применение двигателя внутреннего сгорания;
- в) применение достижений микроэлектроники;
- г) применение текстильных машинами;
- д) применение парового двигателя;
- е) применение электродвигателя.

41. Что является основой четвёртого технологического уклада согласно классификации С.Ю. Глазьева? (выберите один вариант ответа)

- а) масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гемо- и ядерной энергии;
- б) применение двигателя внутреннего сгорания;
- в) применение достижений микроэлектроники;
- г) применение текстильных машинами;
- д) применение парового двигателя;
- е) применение электродвигателя.

42. Что является основой третьего технологического уклада согласно классификации С.Ю. Глазьева? (выберите один вариант ответа)

- а) масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гемо- и ядерной энергии;
- б) применение двигателя внутреннего сгорания;
- в) применение достижений микроэлектроники;

- г) применение текстильных машинами;
- д) применение парового двигателя;
- е) применение электродвигателя.

43. Что является основой второго технологического уклада согласно классификации С.Ю. Глазьева? (выберите один вариант ответа)

- а) масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гемо- и ядерной энергии;
- б) применение двигателя внутреннего сгорания;
- в) применение достижений микроэлектроники;
- г) применение текстильных машинами;
- д) применение парового двигателя;
- е) применение электродвигателя.

44. Что является основой первого технологического уклада согласно классификации С.Ю. Глазьева? (выберите один вариант ответа)

- а) масштабное применение нанотехнологий, биоинженерии, гемо- и ядерной энергии;
- б) применение двигателя внутреннего сгорания;
- в) применение достижений микроэлектроники;
- г) применение текстильных машинами;
- д) применение парового двигателя;
- е) применение электродвигателя.

45. Что стало главным драйвером активизации процесса применения информационных технологий в России?

- а) проведение форума «Открытые инновации» под эгидой Правительства РФ;
- б) утверждение Правительством РФ программы «Цифровая экономика РФ»;
- в) ежегодная публикация отчёта «Европейское табло инноваций»;

г) формирование российских фондов поддержки инновационной деятельности.

46. Цифровая инновация – это...

а) осмысленный стратегический процесс изменения бизнеса в условиях вызовов новой цифровой экономики;

б) трансформация в социально-экономической сфере посредством массового внедрения цифровых технологий поиска, создания, обработки, обмена и передачи информации;

в) комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования;

г) новое средство, использующее цифровые процессы, ресурсы и сервисы.

47. Digital-трансформация – это...

а) осмысленный стратегический процесс изменения бизнеса в условиях вызовов новой цифровой экономики;

б) трансформация в социально-экономической сфере посредством массового внедрения цифровых технологий поиска, создания, обработки, обмена и передачи информации;

в) комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования;

г) новое средство, использующее цифровые процессы, ресурсы и сервисы.

48. Цифровизация – это...

а) осмысленный стратегический процесс изменения бизнеса в условиях вызовов новой цифровой экономики;

б) трансформация в социально-экономической сфере посредством массового внедрения цифровых технологий поиска, создания, обработки, обмена и передачи информации;

в) комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, направленный на коммерциализацию накопленных знаний, технологий и оборудования;

г) новое средство, использующее цифровые процессы, ресурсы и сервисы.

49. Цифровую инженерию можно рассматривать как: (выберите все возможные варианты)

а) осмысленный стратегический процесс изменения бизнеса в условиях вызовов новой цифровой экономики;

б) общую технологическую концепцию, которая позволяет развивать интеллектуальную подключенную экосистему, направленную на повышение качества обслуживания и оптимизацию функций предприятия;

в) применение передовых технологий для сбора данных и разработки проектов в цифровой среде;

г) новое средство, использующее цифровые процессы, ресурсы и сервисы.

50. Цифровая инженерия имеет следующие преимущества: (выберите все возможные варианты)

а) она позволяет исследовать возможности в виртуальной среде без необходимости создания физических прототипов;

б) она может помочь сократить затраты и сроки, связанные с разработкой продукта;

в) она позволяет сохранить имеющиеся подходы к проектированию и созданию продуктов;

г) она обеспечивает более тесное сотрудничество между членами команды, а также с клиентами.

51. Какими особенностями обладает цифровая инженерия? (выберите все возможные варианты)

а) создание физических прототипов;

б) расширение сотрудничества;

- в) электронное расширение;
- г) стабилизация финансовых затрат и сроков реализации продукта;
- д) усовершенствование опций;
- е) объяснимость данных;
- ж) преобладают инженерные основы.

52. Где был впервые предложен термин «Индустрия 4.0»?

- а) на Ганноверской ярмарке в 2011 году;
- б) на форуме «Открытые инновации» в 2012 году;
- в) в программе «Цифровая экономика РФ» в 2017 году;
- г) в публикации «Европейское табло инноваций» в 2007 году.

53. Что является ключевой особенностью для первой промышленной революции? (выберите один вариант ответа)

- а) применение парового двигателя;
- б) электрофикация и массовое производство;
- в) применение полупроводников, ЭВМ, ПК и сети Интернет;
- г) применение сети Интернет, миниатюрных производственных устройств, самообучающихся машин и искусственного интеллекта.

54. Что является ключевой особенностью для второй промышленной революции? (выберите один вариант ответа)

- а) применение парового двигателя;
- б) электрофикация и массовое производство;
- в) применение полупроводников, ЭВМ, ПК и сети Интернет;
- г) применение сети Интернет, миниатюрных производственных устройств, самообучающихся машин и искусственного интеллекта.

55. Что является ключевой особенностью для третьей промышленной революции? (выберите один вариант ответа)

- а) применение парового двигателя;
- б) электрофикация и массовое производство;
- в) применение полупроводников, ЭВМ, ПК и сети Интернет;

г) применение сети Интернет, миниатюрных производственных устройств, самообучающихся машин и искусственного интеллекта.

56. Что является ключевой особенностью для четвёртой промышленной революции? (выберите один вариант ответа)

- а) применение парового двигателя;
- б) электрофикация и массовое производство;
- в) применение полупроводников, ЭВМ, ПК и сети Интернет;
- г) применение сети Интернет, миниатюрных производственных устройств, самообучающихся машин и искусственного интеллекта

57. Какие основные принципы построения Индустрии 4.0 сформулировали учёные в Германии? (выберите все возможные варианты)

- а) децентрализация управленческих решений;
- б) автоматизация отдельных процессов;
- в) совместимость;
- г) поддержка принятия решений;
- д) сквозная цифровизация физических активов;
- е) прозрачность.

58. Основой «цифровой революции» является: (выберите один вариант ответа)

- а) приложение идей и технологий к производственным процессам;
- б) взаимодействие между собой и самостоятельное обучение;
- в) возможность сбора и передачи информации в любой форме и объёме из любого места;
- г) сбор, анализ и визуализация информации.

59. Что является основой «Индустрии 4.0»? (выберите один вариант ответа)

- а) человекозамещение;
- б) технологии;
- в) производство;

г) цифровизация.

60. Индустрию 4.0 можно описать как:

а) прогнозируемое событие, которое предполагает новый подход к производству, основанный на массовом внедрении киберфизических систем в производство, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта

б) четвертую промышленную революцию, внедряющую усиленную интеграцию «киберфизических систем», или CPS, в заводские процессы;

в) прогнозируемое событие, непосредственно связанное с использованием электроники и информационных технологий в производстве для обслуживания человеческих потребностей.

61. Выберите драйверы, оказывающие основное влияние на развитие концепции «Индустрии 4.0» (выберите все правильные ответы):

а) роботы под управлением высококвалифицированных специалистов;

б) аддитивное производство;

в) экологическая безопасность;

г) компьютерная имитация оборудования, материалов и технологий;

д) сквозная и круговая системная интеграция;

е) промышленный «Интернет вещей»;

ж) дополненная реальность.

62. Что является одним из главных барьеров для внедрения технологий четвертой промышленной революции в России? (выберите один вариант ответа)

а) высокий уровень цифровизации производства;

б) низкий уровень цифровизации производства;

в) высокий уровень патентования изобретений;

г) низкий уровень патентования изобретений.

63. Цифровое проектирование и моделирование (выберите один вариант ответа):

а) является одной из ключевых технологий IV промышленной революции;

б) является единственной технологией IV промышленной революции;

в) является ключевой технологией в Европе, но в России не оказывает значимого влияния на конкурентоспособность компании.

64. Термин «Цифровой двойник» относится:

а) к продукту;

б) к производству;

в) и к продукту, и к производству.

65. Выберите все возможные характеристики традиционного производства:

а) низкий уровень автоматизации;

б) удешевление конечной продукции;

в) низкая производительность труда;

г) длинные производственные циклы;

д) высокий уровень автоматизации;

е) медленная адаптация к изменениям;

ж) невозможность изготовления сверхсложных изделий;

з) минимизация брака.

66. Выберите все возможные характеристики передового производства:

а) контроль и управление затруднены;

б) удешевление конечной продукции;

в) низкая производительность труда;

г) низкая скорость передачи и обработки информации;

д) высокий уровень автоматизации;

е) медленная адаптация к изменениям;

ж) сокращение производственных циклов

з) минимизация брака.

67. Составными частями Фабрик Будущего являются (выберите

один вариант ответа):

- а) Цифровая, Производственная, Виртуальная, Сервисная фабрики;
- б) Цифровая, «Умная», Виртуальная фабрики;
- в) Цифровая, Производственная, Сервисная фабрики;
- г) «Умная», Виртуальная, Производственная, Цифровая фабрики.

68. Какая из перечисленных российских программ предполагает создание Фабрик Будущего? (выберете один вариант ответа)

- а) Национальная технологическая инициатива;
- б) Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации;
- в) Цифровая экономика Российской Федерации.

69. В каких отраслях согласно концепции «Технет» НТИ предполагается создание Фабрик Будущего?

- а) автомобилестроение;
- б) авиакосмическая отрасль;
- в) во всех перечисленных;
- г) судостроение.

70. Сколько Фабрик Будущего предполагается создать к 2035 году в России, согласно Дорожной карте «Технет» НТИ?

- а) 50;
- б) 25;
- в) 10;
- г) 40.

71. По каким технологическим направлениям Россия входит в топ-20 по количеству первых патентных заявок?

- а) 3D-печать;
- б) электроника;
- в) нанотехнология;
- г) робототехнику.

72. Когда цифровое и интеллектуальное производство станет массовым, произойдет изменение архитектуры рынков, цепочек поставок и переход к виртуальным распределенным производствам?

- а) к 2040 году;
- б) к 2025 году;
- в) к 2035 году;
- г) к 2050 году.

73. Какие основные тренды у «Фабрик будущего»?

- а) распространение универсальных межотраслевых платформенных решений;
- б) развитие аналогового проектирования и моделирования;
- в) широкое распространение передовых производственных технологий;
- г) радикальное удешевление и ускорение циклов разработки и производства;
- д) формирование нового не конвенционального пакета в развитых странах;
- е) компьютерные технологии;
- ж) развитие системы распределенного производства.

Список литературы

1. Андреева, Е.С. Научные основы инновационных технологий : учебное пособие / Е.С.Андреева. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2014. – 62 с.
2. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. 3-е изд. Пер. с англ. – изд. 2-е испр. – М., 2010. – 107 с.
3. Хромыш Н.А. Инновационное развитие, как основа деятельности хозяйствующего субъекта // Вестник ВГТУ. – №4. – 2011.
4. Бабурин В.Л., Земцов С.П. Инновационный потенциал регионов России. – Москва: КДУ «Университетская книга», 2017. – 358 с.
5. Понятие и сущность инновационной деятельности / Э.Э. Шамсутдинова, Н.А. Кузьминых // «Экономика и социум». – №1(56). – 2019.
6. Быковская Е.Н., Харчилава Г.П., Кафиятуллина Ю.Н. Современные тенденции цифровизации инновационного процесса // Управление. – №1 (19). – 2018. DOI 10.12737/2309-3633-2018-1-38-43.
7. Джозеф Стиглиц. Люди, власть и прибыль. Прогрессивный капитализм эпоху массового недовольства/ пер. В. Ионов; науч.ред. Н. Злобин. – М.: Альпина Паблишер, 2020. – 430с.
8. Земцов С.П., Бабурин В.Л. Как оценить эффективность региональных инновационных систем в России? // Инновации. – №2 (220). – 2017.
9. Бурнакова Д.В., Бекушева Е.В. Проблемы внедрения цифровых инноваций в современных российских компаниях // Научное обозрение. Педагогические науки. – № 2-2.– 2019. – С. 23-25.
10. Что такое цифровая инженерия: определение и инструменты. Полное руководство [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://visuresolutions.com/ru/Блог/цифровая-инженерия/>.
11. Цифровая инженерия – катализатор развития промышленности / НараянанРаманатан (NarayananRamanathan), перевод Владимир Рентюк // ControlEngineering Россия. – №3 (89). – 2020.

12. Цифровизация как шаг к индустрии 4.0 / АО «Самрук-Қазына». – №2. – 2019.
13. Дмитриева С.В. Индустрия 4.0 и цифровая трансформация в промышленном комплексе: внедрение современных технологий и инноваций для повышения производительности и конкурентоспособности // Инновации и инвестиции. – №6. – 2023.
14. Бурцев Д.С., Гаврилюк Е.С., Изотова А.Г., Лебедева А.С., Леонтьева И.Н., Литвинова Н.А., Кан Е.Н., Сатторов Ф.Э. Инфраструктура и ресурсное обеспечение цифровой экономики – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 190 с.
15. План мероприятий ("дорожная карта") "Технет" (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы. Обосновывающие материалы (выдержки). – 2016. URL: <http://nti2035.ru/technology/technet>.
16. Архитектура фабрик будущего. Цифровая – «Умная» - Виртуальная фабрика / Ю.А. Рябов // ИЦ «ЦКИ» СПбПУ.
17. Что такое «Фабрики будущего» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fea.ru/news/6645>.

Электронное учебное издание

Дарья Алексеевна **Крюкова**
Владимир Григорьевич **Кочетков**

**Цифровизация инновационной деятельности и инженерных решений.
Курс лекций**

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2022 г. Поз. № 1.

Подписано к использованию 16.10.2023. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,8.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.