АО «КАЗАХСТАНСКИЙ ЦЕНТР ИНДУСТРИИ И ЭКСПОРТА «QAZINDUSTRY»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ПРОЕКТОВ (РЕШЕНИЙ) И ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Предпосылки развития Индустрии **4.0**

Роль цифровой трансформации предприятий

Область применения рекомендации

ГЛАВА 1. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОТРАСЛЯМ

Анализ предприятий на предмет внедрения цифровых проектов (решений)

Виды деятельности предприятий по отраслям (ОКЭД)

ГЛАВА 2. ЦИФРОВЫЕ ПРОЕКТЫ (РЕШЕНИЯ) НЕОБХОДИМЫЕ В АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

Технологии

Информационные системы

Автоматизация бизнес-процесса

Ключевые направления и программное обеспечение автоматизации бизнес-процессов

Этапы автоматизации бизнес-процессов

Подходы для цифровой трансформации предприятий

ГЛАВА 3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Методология управления архитектуры предприятий

Управление архитектурой предприятия

Ключевые особенности методологий разработки архитектурой предприятия

Стандарты Индустрии **4.0**

Системы проектирования

Производственные системы инженерной категории

Бизнес-цикл для управления цепочками поставок

Производственная пирамида

Роль стандартов для производств в цифровой экономике

Возможности стандартов для **Smart Manufacturing**

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ 4.0

Технологии Индустрии **4.0** стремительно трансформируют промышленный мир, позволяя наращивать объемы производства, одновременно сокращая себестоимость единицы продукции. Индустрия **4.0** или Четвертая промышленная революция вносит фундаментальные изменения в глобальные цепочки создания стоимости и методы производства и поэтому промышленные предприятия по всему миру придают большое значение цифровым технологиям и их влиянию на создание добавленной стоимости.

В настоящий момент многие предприятия в Казахстане приступили к внедрению цифровых технологий в производственные процессы, в большинстве случаев весь процесс модернизации переходит в «лоскутную цифровизацию». Сдерживающими факторами выступают недостаточное наличие финансовых ресурсов, отсутствие стандартов и неразвитость нормативных требований. Кроме того, у каждого предприятия свое понимание «цифровой трансформации», так как отсутствуют единое определение «Индустрии **4.0**» и технологий, соответствующих данной концепции.

В результате предприятия вместо полноценной цифровой модернизации ограничиваются «лоскутной цифровизацией», внедренных цифровых решений, не имеющих возможности интеграции к существующему и новому оборудованию.

В связи с этим, актуальным становится формирование единых методологических рекомендаций по цифровой модернизации предприятий в рамках Индустрия **4.0**.

Целью данной работы является формирование общего подхода для промышленных предприятий по внедрению цифровых решений или цифровой модернизации производства для повышения эффективности работы предприятий и решению проблемных вопросов с применением цифровых проектов (решений).

РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Цифровая трансформация предприятий (производство) – это новая модель промышленного развития **XXI** века на основе цифровых технологий, которая уже в определенной степени функционирует в виде производственной системы, создающей продукцию и услуги на неорынках, способствующих улучшению комфортной жизни человека, населения. Трансформация цифровизации производства даст возможность сформировать постоянно совершенствующееся, гибкое предприятие, способное адаптироваться к новым условиям неорынков путем реконструкции технологических процессов, профориентационного переобучения. Цифровизация предприятия «будет способствовать повышению производительности ресурсов, эффективности производства и появлению гибких моделей организации трудовой деятельности, способных изменить и усовершенствовать любой аспект жизни людей в плане безопасности, надежности, удобства и по многим другим критериям».

Цифровизация и ее трансформация в производство вносит новые характеристики высокотехнологичного производства, основой которого является информационная модель (ИМ) цифрового производства. ИМ предполагает переход существующих производств на цифровые и высокотехнологичные процессы, координируемые интеллектуальными системами во временном аспекте и взаимодействуя с внешней окружающей средой, создавая новый организационный уровень производства и управления в течение всего жизненного цикла выпускаемой продукции. ИМ строится на масштабном исследовании производственно-информационных потоков, алгоритмов обработки информации, элементов автоматизации в целях совершенствования информационной системы путем отбора технических средств, и которая опирается на принципы.

- принцип реципрокации и взаимодействия – это возможность устройств, машин и людей объединяться и коммуницировать через «Интернет вещей (IoT)» или «Интернет людей (IoP)»;
- принцип информационной транспарентности – создание информационными системами цифровых моделей виртуальных копий физических процессов на основе данных, получаемых с датчиков и сенсоров;

- принцип технической поддержки – агрегирование и визуализация информационных потоков для принятия стратегических мер по устранению возникших проблем, использование киберфизических систем для решения ряда задач;
- принцип децентрализованных выводов – принятие киберфизическими системами самостоятельных решений и автономное решение поставленных задач, интегрируя вычислительные ресурсы в физические процессы и применяя технологии киберфизических систем.

Производственная цифровизация на основе концепции «Индустрия **4.0**» включает в себя.

1. Компьютеризацию технологического оборудования и рабочих мест персонала предприятия;
2. Подсоединение активов предприятия к интеллектуально-информационным системам (**CAD**, **PDM**, **ERP**, EAM и др.) для обеспечения управления производственно-технологическими процессами;
3. Создание единого информационного пространства, в который включены системы, персонал, технологическое оборудование с целью автоматизации принятия решений, предоставления многоаспектных данных для предиктивного анализа и формирования предпосылок по внедрению искусственного интеллекта.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАЦИИ

Цифровизация промышленности – глобальный и необратимый процесс, который влияет на бизнес-модели и производство, а также на трудовые отношения. Каждый из рисков скрывает в себе и множество возможностей. Например, автономные производственные процессы могут сократить рабочие места для местных операторов, однако в тоже время избавляет от решения задач, связанных с риском во время проведения подземных работ и в других областях. Кроме того, они создают целый спектр новых рабочих мест в таких сферах, как разработка программного обеспечения и приложений, а также наука о данных. Цифровизация потребует значительных изменений во многих общественных сферах, в том числе в области образования и промышленности. Данная работа несет собой рекомендательный подход для промышленных предприятия для внедрения элементов Индустрии **4.0**, а также цифровых проектов (решений) для повышения эффективности деятельности предприятий.

ГЛАВА 1. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОТРАСЛЯМ

В Казахстане впервые задача по цифровизации промышленности была поставлена Первым Президентом РК – Елбасы Н. Назарбаевым в **2017** году в Послании народу. В послании следующего, **2018** года инициирована разработка третьей пятилетки индустриализации, посвящённой становлению промышленности «цифровой эпохи».

На сегодняшний день, отмечается, что точных данных об использовании цифровых технологий в промышленности отражена не в полном объеме, а выявление их требует проработки.

Для демонстрации преимуществ «Индустрии **4.0**» казахстанскому бизнесу было принято решение выбрать **7** предприятий и сделать из них «модельные цифровые фабрики», на площадках которых начали внедрение различных передовых технологий для повышения конкурентоспособности.

АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРЕДМЕТ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПРОЕКТОВ (РЕШЕНИЙ)

Для проведения анализа были выбраны более **100** предприятий из **900** крупных и средних промышленных предприятий Казахстана. Среди отобранных компаний проводилось специальное анкетирование. Это стало основным инструментом для анализа предприятий на предмет внедрения цифровых проектов (решений), проблемных вопросов, а также оценки текущей готовности промышленности страны к внедрению элементов Индустрии **4.0**.

АВИАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ (ТРАНСПОРТ) – 1 ПРЕДПРИЯТИЕ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✔	✔	✘	✘	✘

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✘	✘	✘	✘	✘

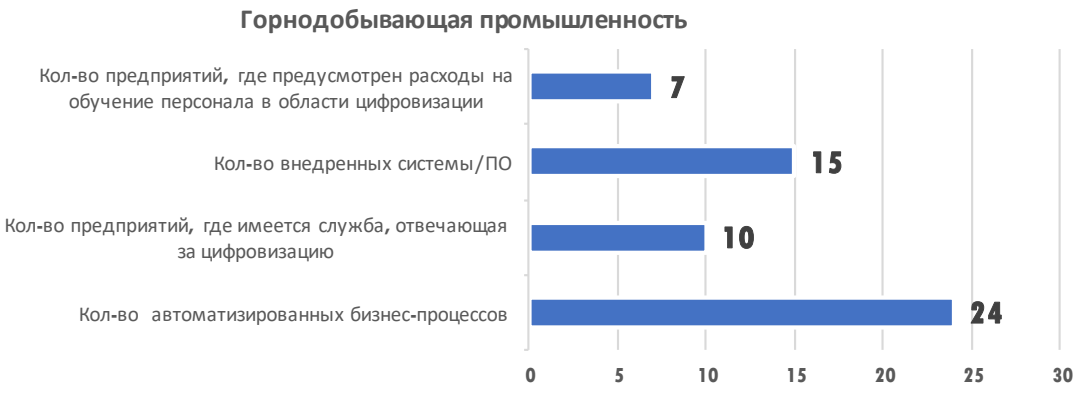
УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	✔				✔

ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 13 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
6	**4**	**3**	**9**	**2**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
7	**5**	**5**	✘	**3**

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
5	**2**	**6**	**2**	**4**	**7**



ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 1 ПРЕДПРИЯТИЕ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✗	✗	✗	✗	✓

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✗	✗	✗	✗	✗

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	✓				✓

ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА УРАНОСОДЕРЖАЩИХ РУД – 1 ПРЕДПРИЯТИЕ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✓	✗	✗	✗	✗

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✔	✘	✘	✘	✘

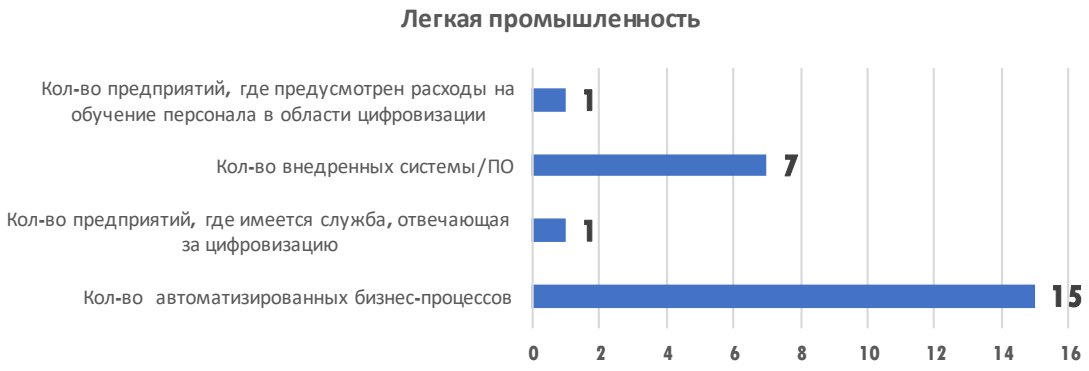
УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			**Уровень**		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	✔				✔

ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 7 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
3	✘	**1**	**1**	**4**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
2	✘	**3**	✘	**1**

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			**Уровень**		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
2	**4**	**1**	✘	**4**	**3**

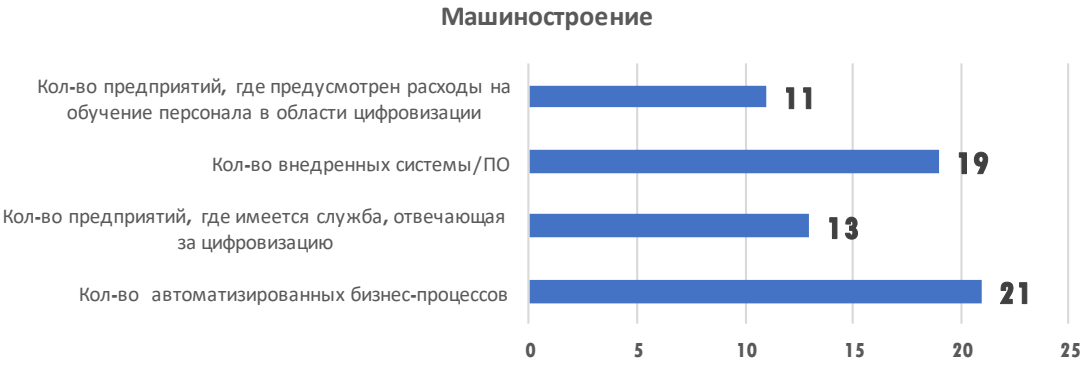


МАШИНОСТРОЕНИЕ – 27 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
10	**3**	**1**	**5**	**5**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
1	**1**	**7**	**1**	**1**

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
7	**10**	**10**	**2**	**10**	**15**

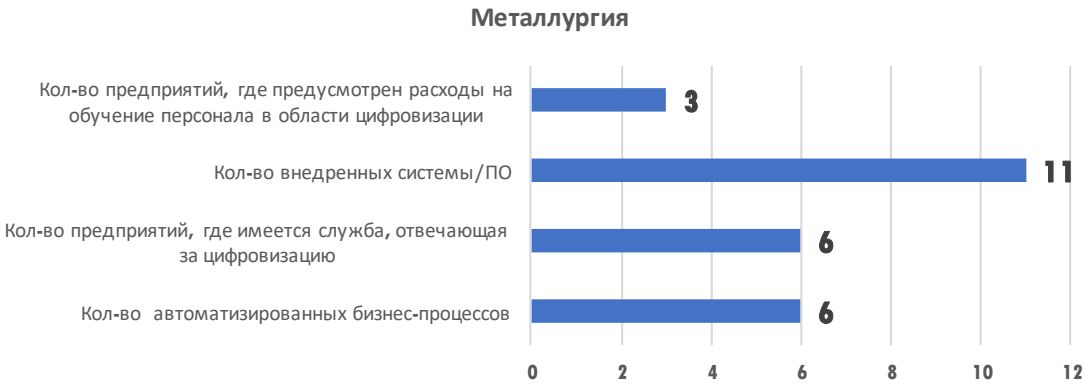


МЕТАЛЛУРГИЯ – 9 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
4	✕	✕	1	1

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
7	8	6	2	2

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
2	4	2	1	2	5



НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 13 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
7	4	3	4	3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
8	**5**	**8**	**6**	**6**

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
5	**5**	**3**	**3**	**3**	**7**

Нефтегазовая промышленность

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 15 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
2	**2**	✕	**2**	**5**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
4	**1**	**2**	**1**	✕

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
1	12	2	✗	1	14

Пищевая промышленность

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ – 1 ПРЕДПРИЯТИЕ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✗	✗	✗	✗	✗
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✗	✗	✗	✗	✗

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
✓			✓		

СТРОЙИНДУСТРИЯ – 3 ПРЕДПРИЯТИЯ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✔	✘	✘	✘	✔

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✘	✘	✘	✘	✔

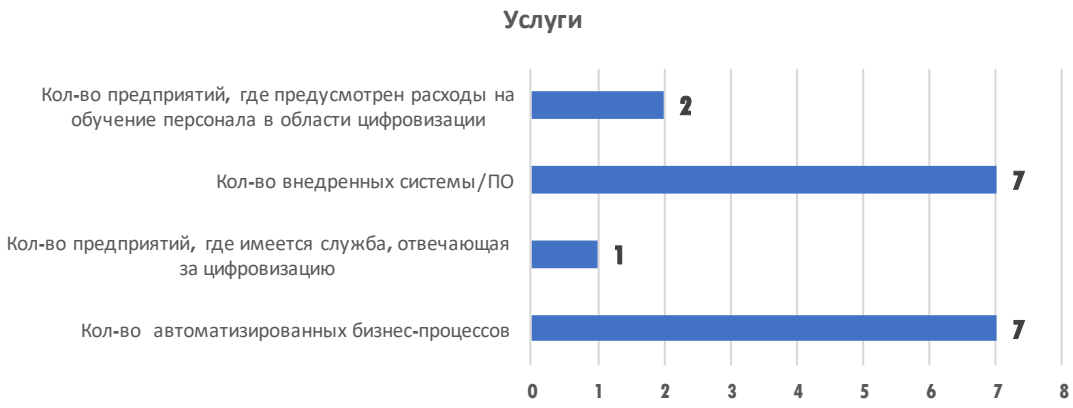
УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	2	**1**			**3**

УСЛУГИ – 6 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
1	✘	✘	**2**	✘

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
1	✘	**1**	✘	✘

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	4	2		2	4



ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 1 ПРЕДПРИЯТИЕ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✗	✗	✓	✓	✓

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✗	✗	✓	✗	✓

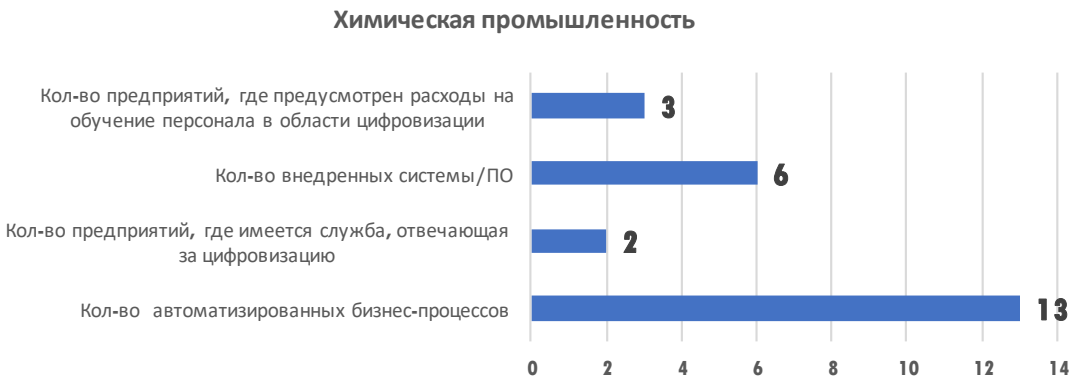
УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
		✓	✓		

ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 5 ПРЕДПРИЯТИЙ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
2	1	1	1	1

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
3	3	1	2	✗

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	2	3		✗	5



ЦЕЛЛЮЛОЗНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – 1 ПРЕДПРИЯТИЕ

БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
✗	✗	✗	✓	✓

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
✗	✗	✗	✗	✗

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
	✓				✓

ЭНЕРГЕТИКА – 4 ПРЕДПРИЯТИЯ

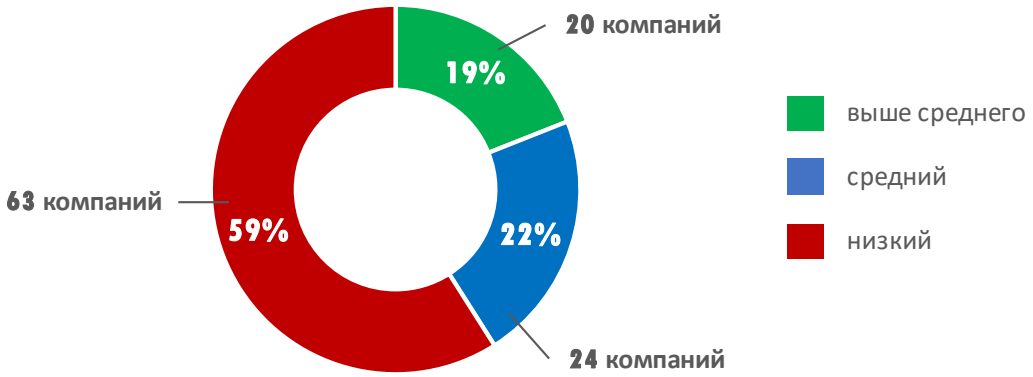
БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ (АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ)				
Электронный документо-оборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производ-ственный учет
4	✗	✗	**1**	**1**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ВНЕДРЕННЫЕ)				
АСУ ТП (автоматическая система управления технологическими процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	**ERP** (система управления ресурсами предприятия)	**MES** (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
3	✗	**3**	✗	**1**

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ					
Стратегия цифровизации			Уровень		
Имеется	Нет	Запла-нировано	Выше среднего	Средний	Низкий
2		**2**		**1**	**3**

Результаты анализа показывают, что уровень цифровизации на **107** предприятиях в большей мере - низкий.

Уровень цифровизации предприятий по итогам анкетирования



В ходе анализа предприятий на предмет внедрения цифровых проектов (решений) выяснилось, что предприятия сталкиваются с определёнными барьерами, препятствующими самой цифровизации либо ограничивающие дальнейшее углубление процесса оцифровки как производства, так и других этапов функционирования предприятия.

Барьеры реализации проектов цифровизации были определены на основе анализа **107** предприятий проведенного в период июнь-июле **2020** года.

Исходя из анализа выделены следующие барьеры, препятствующие цифровой трансформации предприятий, которые классифицированы по следующим направлениям.

- барьеры, связанные с недостаточной кибербезопасностью, сохранением конфиденциальности данных, несанкционированный доступ, утечка данных;
- барьеры, связанные с цифровыми стандартами, нормами и сертификатами;
- недостаток поставщиков решений по цифровизации для предприятий;
- недостаток соответствующих квалифицированных кадров;
- отсутствие понимания по выгодам от внедрения цифровизации;
- отсутствие финансовых средств для инвестиций в цифровизацию;
- отсутствует достаточная инфраструктура для цифровизации.

Анализ показывает, что **35%** предприятий отмечают не достаточную развитость инфраструктуры, необходимой для цифровой трансформации предприятий, **67 %** (основная доля) предприятий отмечают отсутствие финансовых средств на автоматизацию тех или иных процессов, подпадающих под обязательную цифровизацию. Исходя из этого, можно сделать вывод, что у предприятий отсутствует понимание выгод от внедрения цифровых решений – элементов Индустрии **4.0**.

Необходимо отметить, что дополнительным сдерживающим фактором на пути к цифровой трансформации предприятий лежит уровень квалификации сотрудников в области ИТ на предприятиях. Дополнительно, отмечается, что в целом предприятия сталкиваются с проблемами стандартизации, нормами и готовыми «фреймворками», необходимые для технологического изменения процессов предприятий.

Таблица 1. Показатели по автоматизации бизнес-процессов на предприятиях (по отраслям)

Отрасль	Электронный документооборот	Управление финансовыми ресурсами (бюджетирование, платежный календарь)	Управление техническим обслуживанием оборудования	Управление персоналом	Производственный учет
Горнодобывающая промышленность	6	4	3	9	2
Машиностроение	10	3	1	5	5
Металлургия	4	×	×	1	1
Пищевая промышленность	2	2		2	5
Химическая промышленность	2	1	1	1	1
Легкая промышленность	3	×	1	1	4
Деревообрабатывающая промышленность	×	×	×	×	1
Стройиндустрия	1	×	×	×	1
Авиационное машиностроение (транспорт)	1	1	×	×	×
Фармацевтическая промышленность	×	×	1	1	1
Целлюлозная промышленность	×	×	×	1	1
Добыча и переработка ураносодержащих руд	1	×	×	×	×
Нефтегазовая промышленность	7	4	3	4	3
Производство электронных элементов	×	×	×	×	×
Услуги	1	×	×	2	×
Энергетика	4	×	×	1	1

Таблица 2. Показатели по внедренным системам на предприятиях

Отрасль	АСУ ТП (автоматическая система управления технологическим и процессами)	АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учёта энергоресурсов)	ERP (система управления ресурсами предприятия)	MES (система управления производственными процессами)	ТОиР (техническое обслуживание и ремонты)
Горнодобывающая промышленность	7	5	5	×	3
Машиностроение	1	1	7	1	1
Металлургия	7	8	6	2	2
Пищевая промышленность	4	1	2	1	×
Химическая промышленность	3	3	1	2	×
Легкая промышленность	2	×	3	×	1
Деревообрабатывающая промышленность	×	×	×	×	×
Стройиндустрия	×	×	×	×	1
Авиационное машиностроение (транспорт)	×	×	×	×	×
Фармацевтическая промышленность	×	×	1	×	1
Целлюлозная промышленность	×	×	×	×	×
Добыча и переработка ураносодержащих руд	1	×	×	×	×
Нефтегазовая промышленность	8	5	8	6	6
Производство электронных элементов	×	×	×	×	×
Услуги	1	×	1	×	1
Энергетика	3	×	3	×	1

Таблица 3. Показатели по наличию стратегии цифровизации на предприятиях

Отрасль	Да, имеется	Запланировано	Нет не имеется
Горнодобывающая промышленность	5	6	2
Машиностроение	7	10	10
Металлургия	2	2	4
Пищевая промышленность	1	2	12
Химическая промышленность	×	3	2
Легкая промышленность	2	1	4
Деревообрабатывающая промышленность	×	×	1
Стройиндустрия	×	1	2
Авиационное машиностроение (транспорт)	×	×	1
Фармацевтическая промышленность	×	1	×
Целлюлозная промышленность	×	×	1
Добыча и переработка ураносодержащих руд	×	×	1
Нефтегазовая промышленность	5	3	5
Производство электронных элементов	1	×	×
Услуги	×	2	4
Энергетика	2	2	×

ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОТРАСЛЯМ (ОКЭД)

В рамках проведенного анализа по предприятиям были рассмотрены отдельные виды деятельности по **6** направлениям не ограничиваясь ОКЭД, размером предприятий и уровнем готовности к цифровой трансформации.

Металлургия

Металлургическая промышленность является одной из базовых отраслей хозяйственной деятельности Республики Казахстан, обеспечивающая сырьем смежные сектора экономики, выпускающих конечную продукцию.

ОКЭД	Вид деятельности
244	Производство основных благородных и цветных металлов
Сектор «Черная металлургия»	
24.10	Производство чугуна, стали и ферросплавов
24.20	Производство труб, трубопроводов, профилей, фитингов из стали
24.31	Холодное волочение (производство стального прута и целиковой заготовки)
24.32	Холодная прокатка лент и узких полос
24.33	Холодная формовка или фальцовка
24.34	Производство проволоки путем холодного вытягивания
24.51	Литье чугуна
24.52	Литье стали
Сектор «Цветная металлургия»	
24.41	Производство благородных (драгоценных), металлов
24.42	Производство алюминия и сплавов на его основе
24.43	Производство свинца, цинка и олова
24.44	Производство меди
24.45	Производство прочих цветных металлов
24.53	Литье легких металлов
24.54	Литье прочих цветных металлов

Химия

Химическая промышленность является приоритетной отраслью экономики, как для развивающихся стран, так и для развитых.

Отрасли химической промышленности находятся среди лидирующих в сфере тяжелой индустрии, которые обеспечивают материальную, научно-техническую базу в народном хозяйстве, влияют на укрепление обороноспособности страны, развитие производства, обеспечение жизненных потребностей населения. Химическая промышленность подразумевает ряд отраслей производства, где задействованы химические способы переработки материалов, сырья.

Благодаря химической промышленности решают экономические, технические, технологические проблемы, создаются материалы с определенными свойствами, повышается производительность труда, экономятся затраты.

ОКЭД 20	Вид деятельности
20.11	Производство промышленных газов
20.12	Производство красителей и пигментов
20.13	Производство прочих основных неорганических химических веществ
20.14	Производство прочих основных органических химических веществ
20.15	Производство удобрений и азотосодержащих соединений
20.15	Производство удобрений и азотосодержащих соединений
20.16	Производство пластмасс в первичной форме
20.17	Производство синтетического каучука в первичной форме

ОКЭД 20	Вид деятельности
20.20	Производство пестицидов и прочей агрохимической продукции
20.30	Производство красок, лаков и аналогичных красящих веществ, типографской краски и мастики
20.41	Производство мыла и моющих, чистящих и полирующих средств
20.42	Производство парфюмерных и косметических средств
20.51	Производство взрывчатых веществ
20.52	Производство клея
20.53	Производство эфирных масел
20.59	Производство прочих химических продуктов, не включенных в другие категории
20.60	Производство искусственных волокон

Машиностроение

Машиностроение является приоритетной отраслью индустриально-инновационного развития страны. За годы реализации программы индустриализации машиностроение стало одной из самых динамично развивающихся отраслей: объем производства в ней увеличился почти в **3** раза и превысил отметку в **1** трлн. тг. в **2018** году. В **2019** году высокая динамика роста сохранилась.

Согласно данным Министерства индустрии и инфраструктурного развития, за годы реализации программы индустриализации в машиностроительной отрасли реализовано **114** проектов на сумму порядка **276** млрд. тг. и создано около **11** тыс. рабочих мест.

С 2000 года объем производства машиностроения Казахстана увеличился в **24** раза, составив по итогам **2018** года **1,1** трлн. тг.

За **10-15** лет отрасль перешла от производства комплектующих и запасных частей к производству конечных видов продукции: тепловозы, электровозы, пассажирские и грузовые вагоны, грузовые и легковые автомобили, автобусы, зерноуборочные комбайны, насосное оборудование, лифты и другая высокотехнологичная продукция.

Появились новые виды продукции: локомотивы, трансформаторы, коммуникационное оборудование, оптические приборы, производство электронных деталей, производство электроосветительного оборудования и др.

Активное развитие получили автопром и железнодорожное машиностроение, значительно обновлены и усилены отрасли сельскохозяйственного, электротехнического, горнорудного и нефтегазового машиностроения.

Подотрасли:

- Электрооборудование
- Железнодорожное машиностроение
- Автомобилестроение
- Сельскохозяйственное машиностроение
- Производство машин и оборудования для горнодобывающей промышленности
- Производство машин и оборудования для нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности

Стройиндустрия

Стройиндустрия – приоритетная отрасль обрабатывающей промышленности, занимающаяся производством цемента и клинкера, строительных растворов, изделий из бетона, стеновых материалов, извести гашеной и негашеной, стекловолокна, теплоизоляционные материалы, трубы и фитинги из пластмасс, керамические огнеупорные материалы, кровельные изделия из асфальта, плиты и плитки керамические и напольные эластичные покрытия.

ОКЭД	Вид деятельности
16.21	Производство шпона, фанеры, плит и панелей
22.21	Производство пластмассовых листов, камер для шин и профилей
22.23	Производство строительных пластиковых изделий
23.11	Производство листового стекла
23.12	Формирование и обработка листового стекла
23.13	Производство полых стеклянных изделий
23.14	Производство стекловолокна
23.19	Производство и обработка прочих стеклянных изделий
23.20	Производство огнеупорных изделий
23.31	Производство керамических покрытий и плит
23.32	Производство кирпича, черепицы и прочих строительных изделий из обожженной глины
23.42	Производство керамического гигиенического сантехнического оборудования
23.43	Производство керамических электроизоляторов и изолирующей арматуры
23.49	Производство прочих керамических изделий
23.51	Производство цемента, включая клинкеры
23.52	Производство извести и строительного гипса
23.61	Производство строительных изделий из бетона
23.62	Производство изделий из гипса для строительных целей
23.63	Производство бетона готового для использования
23.64	Производство сухих бетонных смесей
23.65	Производство изделий из асбестоцемента и волокнистого цемента
23.69	Производство прочих изделий из бетона, строительного гипса и цемента
23.70	Резка, обработка и отделка камня
23.99	Производство прочей неметаллической минеральной продукции, не включенной в другие группировки

Легкая промышленность

Легкая промышленность представляет собой совокупность специализированных предприятий, производящих главным образом предметы массового потребления из различного вида сырья.

Легкая промышленность осуществляет как первичную переработку сырья, так и выпуск готовой продукции. Отдельные предприятия легкой промышленности производят продукцию производственно-технического и специального назначения, которая используется при производстве мебели, самолетов, автомобилей, электротехники, продуктов питания.

ОКЭД	Вид деятельности
13	Производство текстильных изделий
14	Производство одежды
15	Производство кожаной и относящейся к ней продукции

Фармацевтическая отрасль

На сегодняшний день, на территории Казахстана действует **168** предприятий фармацевтической отрасли, из них три крупных, **11** средних, **154** мелких, на которых занято более **16** тыс. человек, согласно данным Министерства индустрии и инфраструктурного развития РК.

Так, в период **2010-2018** годов реализовано **30** проектов, создано более трех тысяч рабочих мест, объем вложенных инвестиции на реализацию данных проектов составил **45** млрд тенге.

В рамках первой пятилетки индустриальной программы, в отрасль привлечены инвесторы из Польши, Турции, Китая и России. По итогам первой пятилетки в фармацевтической промышленности реализовано **24** новых проекта на сумму **28,8** млрд тенге с созданием более **3000** постоянных рабочих мест.

Самыми значимыми проектами отрасли стали: расширение производственных мощностей в АО «Химфарм» в г. Шымкенте; модернизация фармацевтической фабрики по производству лекарств в г. Алматы; строительство фармацевтического завода «ЭЛЕАС» в Алматинской области; строительство фармацевтического завода ТОО «Султан» в Алматинской области; расширение действующего производства с увеличением ассортимента в соответствии с международным стандартом ИСО **13485-2003** ТОО «Мерусар и К» в Павлодарской области.

ОКЭД 21	Вид деятельности
2110	Производство основных фармацевтических продуктов
	Сектор «Производство основных фармацевтических продуктов» • производство медицинских фармакологических препаратов, используемых для производства медикаментов: антибиотиков, основных витаминов, салициловой и **O**-ацетилсалициловой кислот и т.д. • переработка крови • производство химически чистого сахара • производство эндокринных препаратов из животного сырья (переработку желез и производство экстрактов из желез и т.д.)
2120	Производство фармацевтических препаратов
	Сектор «Производство фармацевтических препаратов» • производство медикаментов: иммунная сыворотка и т.д.; вакцины; различные медикаменты, включая гомеопатические препараты; • производство химической контрацептивной продукции для наружного применения и гормональных контрацептивов • производство медицинских диагностических препаратов, включая тесты на беременность • производство диагностических препаратов для выявления радиоактивных веществ • производство биологических фармацевтических препаратов • производство медицинских перевязочных материалов таких как, вата, марля, марлевые повязки, бандажи и т.д. • подготовка растительных продуктов (измельчение, сортировка, толчение) для изготовления фармацевтических препаратов

ГЛАВА 2. ЦИФРОВЫЕ ПРОЕКТЫ (РЕШЕНИЯ) НЕОБХОДИМЫЕ В АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

ТЕХНОЛОГИИ

Индустрия **4.0** – ведущий тренд происходящей на наших глазах «Четвертой промышленной революции».

Сейчас мы живем в эпоху завершения третьей, цифровой революции, начавшейся во второй половине прошлого века. Ее характерные черты – развитие информационно-коммуникационных технологий, автоматизация и роботизация производственных процессов.

Характерные черты Индустрии **4.0** – это полностью автоматизированные производства, на которых управление всеми процессами осуществляется в режиме реального времени и с учетом меняющихся внешних условий. Киберфизические системы создают виртуальные копии объектов физического мира, контролируют физические процессы и принимают децентрализованные решения. Они способны объединяться в одну сеть, взаимодействовать в режиме реального времени, самонастраиваться и самообучаться. Важную роль играют интернет-технологии, обеспечивающие коммуникации между персоналом и машинами. Предприятия создают продукцию в соответствии с требованиями индивидуального заказчика, оптимизируя себестоимость производства.

Эксперты выделяют четыре базовых технологии, в результате внедрения которых ожидаются революционные изменения.

- *Интернет вещей (**Internet of Things, IoT**).* В этой технологии Интернет используется для обмена информацией не только между людьми, но и между всевозможными «вещами», т.е. машинами, устройствами, датчиками и т.д. С одной стороны, вещи, снабженные датчиками, могут, обмениваться данными и обрабатывать их без участия человека. С другой стороны, человек может активно участвовать в этом процессе, например, когда речь идет об «умном доме».

  Разновидностью **IoT** является промышленный (индустриальный) интернет вещей (**Industrial Internet of Things, IIoT**). Именно он открывает прямую дорогу к созданию полностью автоматизированных производств. Начинается все с того, что ключевые компоненты оборудования снабжаются различными датчиками, исполнительными механизмами и контроллерами; собранные данные обрабатываются и направляются в соответствующие службы предприятия, что позволяет персоналу оперативно принимать обоснованные и взвешенные решения. Но задача-максимум состоит в достижении такого уровня автоматизации предприятия, при котором на всех участках, где это возможно, машины работают без участия людей. Роль персонала при этом сводится к контролю работы машин и реагированию лишь на экстренные ситуации.

- *Цифровые экосистемы.* Это системы, состоящие из различных физических объектов, программных систем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое. Физические и вычислительные ресурсы в такой экосистеме тесно связаны, мониторинг и управление физическими процессами осуществляется с использованием технологий **IIoT**. Традиционные инженерные модели гармонично сосуществуют с компьютерными.

- *Аналитика больших данных (**Data Driven Decision**)* или просто Большие данные (**Big data**). Огромные объемы информации, накапливаемые в результате «оцифровывания» физического мира, могут быть эффективно обработаны только компьютерами (в будущем, возможно, квантовыми), с

применением облачных вычислений и технологий искусственного интеллекта (**Artificial Intelligence**). В результате человек, контролирующий тот или иной процесс, ситуацию, обстановку должен получать обработанные данные, максимально удобные для восприятия, анализа и принятия решения.

- *Сложные информационные системы, открытые для использования клиентами и партнерами (цифровые платформы).* Это могут быть цифровые платформы и системы для управления бизнес-процессами, для интеграции интернета вещей в физические бизнес-процессы, для анализа и прогнозирования состояния оборудования и т.д.

Четвертая промышленная революция, помимо вышеперечисленных областей ускоренного развития, может подразумевать также широкое внедрение **3D**-печати, печатной электроники, применение распределенных реестров (т.е. технологии блокчейн, получившей известность после создания на ее основе криптовалют), использование виртуальной и дополненной реальности и даже разработку автономных роботов, которые будут являться не компонентами автоматизированных линий, как сейчас, но вполне мобильными высокоинтеллектуальными устройствами, способными работать рядом с людьми.

По прогнозам ВЭФ (Всемирного Экономического Форума), большинство технологий Четвертой революции станет повседневностью уже в **2027** году. А это означает, что появятся не только умные дома, но и умные города, беспилотные автомобили на улицах, искусственный интеллект в офисах и суперкомпьютеры в карманах.

Таблица 4. Определение перспективных и целесообразных для внедрения технологий и/или решений в рамках Индустрии **4.0**

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
Аддитивные технологии или **3D** печать - метод изготовления физического объекта (детали) методом послойного нанесения (добавления, анг. - «**add**») материала с использованием компьютерных **3D** моделей (в отличие от традиционных методов формирования детали за счет удаления материала из массива заготовки). Использование аддитивных технологий делает возможным быстрое прототипирование, которое позволяет осуществлять предварительную оценку эргономичности, собираемости и правильности компоновочных решений без применения дорогостоящей технологической оснастки. **3D** печать прототипов при осуществлении НИОКР, как правило, сокращает период каждой итерации прототипирования с нескольких недель до нескольких дней
КОЛЛАБОРАТИВНЫЕ РОБОТЫ
Использование роботов, предназначенных для физического взаимодействия с человеком в едином рабочем пространстве для тех случаев, когда полная автоматизация процесса невозможна
САМООПТИМИЗИРУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
Подобные системы имеют когнитивные навыки, т.е. возможность автономно принимать некоторые производственные решения, что позволяет осуществлять планомерную загрузку участков и повышает устойчивость качества продукции к воздействиям внешней среды
ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА
При помощи сенсорных, оптических и акустических методов обнаруживаются малейшие дефекты, такие как трещины или поры
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА
Беспилотные транспортные средства позволяют повысить безопасность работников и снизить операционные издержки
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВНУТРЕННЯЯ ЛОГИСТИКА
Перемещение комплектующих и изделий оптимизируется по времени и маршруту при помощи интернета вещей

ПЕРЕДОВАЯ АНАЛИТИКА

Собираемые с многочисленных датчиков данные могут затем подвергаться анализу с помощью передовых вычислительных алгоритмов и методов, в результате чего становится возможной дальнейшая оптимизация производственных процессов

ПРЕДИКТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Собираемые с многочисленных датчиков данные могут затем подвергаться анализу с помощью передовых вычислительных алгоритмов и методов, в результате чего становится возможной дальнейшая оптимизация производственных процессов

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Искусственный интеллект является основой для многих технологий Индустрии **4.0**, так как позволяет выявить скрытые закономерности и связи в данных, делая возможным самооптимизацию производственных систем. Важную роль играет анализ больших данных (**big data**), позволяющий обрабатывать структурированные и неструктурированные данные больших объемов в режиме реального времени

ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Облачные вычисления - это модель, обеспечивающая повсеместный и удобный удаленный доступ к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, хранилищ, приложений и сервисов).

В контексте промышленности, облачные технологии могут использоваться для контроля и мониторинга оборудования и производственных систем, подключенных к сети интернет. Облачные базы данных позволят нескольким конструкторам или проектировщикам совместно работать над одной моделью

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Компьютерное моделирование (в т.ч **3D**, имитационное моделирование, **Computer Aided Engineering** (**CAE**) системы) – использование программного обеспечения для моделирования процессов, создания виртуальных прототипов физических объектов

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Создание трехмерной модели производственных помещений и постоянная ее синхронизация с базой данных позволяет сократить затраты на ввод в эксплуатацию промышленных объектов путем минимизации коллизий инженерных сетей и ускорения процессов согласования и внесения изменений

ЦИФРОВЫЕ «ДВОЙНИКИ» ФАБРИК

Это виртуальная модель производства, включающая обновляющиеся в режиме реального времени данные обо всем оборудовании, персонале, материалах и комплектующих, а также их состояниях и передвижениях. Наличие такой модели позволяет быстро симулировать различные конфигурации производственных процессов не вмешиваясь и не останавливая их

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ

Основным стержнем концепции Индустрия **4.0** является повсеместная интеграция данных, как между различными производственными участками и звеньями цепочки создания стоимости, в т.ч. на более низком уровне – между сенсорами оборудования, комплектующих или товаров, так и на глобальном уровне – между предприятиями-партнерами, поставщиками и клиентами

ЦИФРОВОЙ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

Осуществление НИОКР в **CAD** системах и **3D** моделирование будущих изделий постепенно становится стандартным явлением на производстве. Важным критерием является «бесшовный инжиниринг», т.е. обеспечение потока данных об изделии на протяжении всего жизненного цикла изделия. Такой подход позволяет значительно ускорить циклы проектирования и быстро тестировать альтернативные концепции изделия

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ЗАКАЗОВ

После получения кастомизированного клиентом заказа на изготовление продукции, планирование производственного процесса для изготовления данной конфигурации продукции затем осуществляется децентрализованно – комплектующие сами «принимают решение» о следующих производственных шагах в зависимости от требуемых характеристик и приоритетности продукта, загрузки оборудования и других внешних факторов. Данная модель позволяет быстро и гибко реагировать на пожелания заказчиков, производить более широкую товарную номенклатуру при небольших партиях, а также оптимизировать загрузку оборудования в зависимости от актуального спроса

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

Высокая степень интегрированности производственных процессов позволяет осуществлять более точное планирование работы оборудования и людей, а также точную по времени поставку необходимых комплектующих и материалов к цеху по принципу **«just-in-time»**

ИНТЕГРАЦИЯ MES СИСТЕМ

Manufacturing Execution System (**MES**) - системы управления производственными процессами, предназначенные для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства. **MES**-системы относятся к классу систем управления уровня цеха и в иерархии управления занимают промежуточный уровень между **ERP**-системами и АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическим процессом)

ВИРТУАЛЬНЫЙ ВВОД ОБОРУДОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Ввод в эксплуатацию сложного оборудования – это рискованный процесс, зачастую, подверженный большому числу ошибок. В связи с этим, целесообразно использование виртуальных моделей оборудования (в основном, сложных роботизированных систем) для предварительного тестирования работы составных подсистем. Это позволяет избежать дорогостоящих ошибок при вводе сложных систем в эксплуатацию и сократить расход материалов

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ

Промышленный интернет (индустриальный интернет вещей) – совокупность инфокоммуникационных инфраструктур, подразумевающая подключение к сетям передачи данных различных производственных систем, оборудования, сенсоров, а также материалов и комплектующих

СЕНСОРИЗИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И АВТОНОМНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Материалы и комплектующие могут быть оборудованы сенсорами и передавать данные об их физическом состоянии и истории прохождения производственных операций, что повышает прозрачность и управляемость производством

ТЕХНОЛОГИИ ОБМЕНА ДАННЫМИ

Необходимым условием для интеллектуализации производства является возможность обмена данными. В зависимости от сценария применения, передача данных может осуществляться как посредством проводных (например, **Ethernet**), так и беспроводных технологий (например, **RFID**, **Bluetooth**, **WLAN**, **LTE**)

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ

Оснащение оборудования и комплектующих сенсорами позволяет вести сбор данных, анализ которых выявляет повреждения компонентов на раннем этапе

СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Прямое или косвенное дополнение физического мира цифровыми данными в режиме реального времени при помощи цифровых устройств - планшетов, смартфонов, шлемов и других устройств, а также программного обеспечения к ним. Дополненная реальность на производстве используется для поддержки принятия решений человеком при сборке или техническом обслуживании оборудования путем наглядного проецирования вспомогательной информации - чертежей, инструкций, диагностических данных с сенсоров, предупреждающих сигналов в реальном времени

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Это технология, позволяющая симулировать реальный мир при помощи интерактивных аудиовизуальных и моторных устройств. Виртуальная реальность на производстве широко используется для процессов обучения персонала, к примеру, для наработки навыков принятия решений при внештатных ситуациях. Кроме того, виртуальная реальность может быть использована для облегчения совместной работы, например, визуализации и обсуждения дизайна или конструкции здания или изделий в едином виртуальном пространстве

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ

Цифровые системы отбора товаров позволяют контролировать все передвижения товаров электронным способом. Сенсоры могут фиксировать отбор и добавление коробок и паллет на полках. Информация относительно текущих заказов передается в систему управления складом. Далее, сборщик получает конкретные задания по операциям с помощью световых модулей, размещенных возле каждой ячейки хранения, где световые модули указывают место и количество товара, которое необходимо отобрать. Аналогичная система отбора товаров может быть реализована при помощи технологий дополненной реальности

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Индустрия **4.0** так называемый проект будущего (стратегический план развития экономики) немецкого федерального правительства, предусматривающий совершение прорыва на стыке информационных и промышленных технологий. Однако в отличие от других стран, где развивают **IT**-технологии в сторону социальных сетей, развлечений, коммуникаций, немецкие специалисты поставили перед собой амбициозную задачу - связать в едином информационном пространстве промышленное оборудование и информационные системы, что позволит им взаимодействовать между собой и с внешней средой без участия человека.

Согласно Концепции «Индустрия **4.0**» можно определить несколько видов Информационных систем, которых рекомендуется внедрить для полной цифровой трансформации предприятия.

Таблица 5. Рекомендуемы Информационные системы для полной цифровой трансформации предприятия

1. Система автоматизированного проектирования (также Система Автоматизации Проектных Работ) - автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР.	
CAD	Означает компьютерную поддержку проектирования (**computer-aided design**). Программы с пакетом модулей для создания трехмерных объектов с детализацией их особенностей и возможностью получения полного комплекта конструкторско-проектной документации

CAM	Переводится как компьютерная поддержка производства (**computer-aided manufacturing**). Прикладные программы для реализации проектов. С их помощью прописывают алгоритм работы станков с ЧПУ. В качестве основы используется трехмерная модель, сделанная по стандартам **CAD**
CAE	Класс продуктов для компьютерной поддержки расчетов и инженерного анализа (**computer-aided engineering**). Появление возможности создавать твердотельную модель требовала детального ее описания, прогнозирование эксплуатационных нагрузок, включая воздействие температуры, сопротивления среды

2. PLM (product lifecycle management) - управление жизненным циклом продукции.

Жизненный цикл продукции (изделия) - совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определённой продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта.

Основные стадии жизненного цикла изделия: проектирование, производство, техническая эксплуатация, утилизация. При более подробном рассмотрении выделяют от 11 до 13 стадий жизненного цикла изделия:

CRM	Маркетинг и изучение рынка
САПР, CAE, CAD, CAM, PDM	Проектирование и разработка продукта
MES, PDM	Планирование и подготовка производства
SCM, PDM	Закупка материалов и комплектующих
АСУП, АСУТП, ERP, MRP, MRP II, SCM MES, PDM	Производство или предоставление услуг
WMS, PDM	Упаковка и хранение
CRM, PDM	Реализация
PDM	Техническая поддержка и обслуживание
	Послепродажное обслуживание (техобслуживание, ремонт и эксплуатация) деятельность или эксплуатация
	Утилизация и переработка

*Управление процессами жизненного цикла изделия является сложной задачей, для ее решения применяют целый набор автоматизированных систем управления. Аббревиатуры некоторых из них приведены в скобках после наименования той или иной стадии жизненного цикла. Важными функциями технологии **PLM** является формирование информационного пространства, единого для различных автоматизированных систем, используемых на предприятии, объединение методик и средств информационной поддержки изделий на протяжении всех стадий жизненного цикла. Концепция **PLM** подразумевает обеспечение взаимодействия не только средств автоматизации разных производителей на одном предприятии, но и обеспечение взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий.*

*Применение концепции **PLM** в сложном многооперационном производстве, характерном для предприятий машиностроения, становится необходимым условием повышения конкурентоспособности предприятия. Эта концепция позволяет отслеживать каждую партию (а при необходимости каждый экземпляр) продукции на всех этапах жизненного цикла изделия, за счет чего повышается качество выпускаемой продукции и степень удовлетворенности заказчика*

3. MES (manufacturing execution system, система управления производством) - это специализированная система, предназначенная для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции. Аббревиатуру **MES** иногда расшифровывают как **manufacturing enterprise solutions** (корпоративные решения для управления производством); этот термин применяется по отношению ко всем автоматизированным системам, ориентированным на задачи управления производством. Но иногда термином **MES** обозначают совокупность функций автоматизированной системы, используемых для оперативного управления производством лишь на уровне цеха.

Международная ассоциация производителей и пользователей систем управления производством (**MESA International**) определила в **1994** году модель **MESA-11**, а в **2004** модель **c-MES**, которые дополняют модели и стандарты управления производством и производственной деятельностью.

MES-системы выполняют следующие функции:

RAS	Контроль состояния и распределение ресурсов
ODS	Оперативное/детальное планирование
DPU	Диспетчеризация производства
DOC	Управление документами
DCA	Сбор и хранение данных, циркулирующих в производственной среде предприятия
LM	Управление персоналом
QM	Управление качеством
PM	Управление производственными процессами
MM	Управление техобслуживанием и ремонтом
PTG	Отслеживание и генеалогия продукции.
PA	Анализ производительности

*Сейчас во многих компаниях используется система **MRP II**, позволяющая планировать потребности предприятия во всех производственных ресурсах (материалы, сырье, комплектующие, оборудование, персонал), оперативно корректировать планы и производственные задания. Однако иногда возникает потребность в информации, которую система **MRP II** предоставить не в состоянии. Например, она не способна отследить движение деталей по конвейеру или качество сырья и готовой продукции. В таких случаях системы **MRP II** интегрируются с системами **MES**, позволяющими, наряду с выполнением других функций, отслеживать в реальном масштабе времени уровень загрузки оборудования, все перемещения материалов, деталей и узлов, а также контролировать их качество. Считается, что система **MES**, предназначенная для решения оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом, в терминах отечественной терминологии занимает промежуточное положение между АСУП и АСУТП*

4. ERP (enterprise resource planning, планирование ресурсов предприятия) - организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности.

ERP-система - конкретный программный пакет, реализующий стратегию **ERP**.

Стратегия **ERP** является развитием концепции **MRP II** и охватывает почти все направления деятельности предприятия, но **ERP**-система все же не заменяет **CRM**-систему, контролирующую внешние взаимоотношения, и **PLM**-систему, управляющую интеллектуальной собственностью.

Характерные особенности **ERP**-стратегии:

Использование единой транзакционной системы для подавляющего большинства операций и бизнес-процессов предприятия. Все операции сводятся в единую базу для последующей обработки и получения в реальном масштабе времени сбалансированных планов

Тиражируемость: обеспечение возможности применения одного и того же программного пакета для разных организаций (возможно, с разными настройками и расширениями)

Поддержка в единой системе множества вариантов языков

Поддержка нескольких юридических лиц, нескольких предприятий, нескольких учётных политик, различных схем налогообложения в единой системе; это необходимо для ее применения в корпорациях, в т. ч. Транснациональных

Программный пакет, реализующий стратегию **ERP**, обычно выполняется в виде набора модулей, перечень которых может варьироваться в зависимости от размера и особенностей предприятий, на которых внедряется **ERP**-система. Стандартный набор выглядит так:

- Финансы и бухгалтерский учёт.
- Управление персоналом.
- Склад.
- Продажа.
- Управление взаимоотношениями с клиентами (**CRM**).
- Закупки.
- Управление цепочками поставок (**SCM**).
- Производство.

*Эти модули можно внедрять поэтапно. Можно выбирать только те из них, которые необходимы для предприятия на данном этапе его развития. Можно даже создавать решения на основе нескольких **ERP**-систем, выбирая из каждой модули, лучшие в своём классе.*

*Обычно все модули делят на **3** группы: финансы, персонал, операции. Главными компонентами **ERP**-системы считаются финансовые модули и, прежде всего, главная книга*

5. PDM (product data management) - система управления данными об изделии (продукции).

Под «данными» подразумевается вся информация об изделии - проектные данные, технологические маршруты, результаты технических испытаний, данные о партиях и отдельных экземплярах и многие другие документы.

Под «изделием» подразумевается, как правило, какая-то высокотехнологичная продукция (автомобили, корабли, самолеты), при проектировании, производстве, эксплуатации и утилизации которых необходимо обрабатывать и контролировать большие объёмы инженерно-технических данных.

В PDM-системах используется несколько технологий:

EDM	Управление инженерными данными
PIM	Управление информацией об изделии
TDM	Управление техническими данными
TIM	Управление технической информацией

Основные функциональные возможности **PDM**-систем охватывают следующие направления:

- управление хранением данных и документами;
- управление процессами и потоками работ;
- управление структурой продукта;
- автоматизация генерации выборок и отчетов;
- механизм авторизации

PDM**-системы предоставляют данные, необходимые для корректной работы систем **MRP** (**material requirements planning** - планирование потребности в материалах) и **CRP** (**capacity requirements planning** - планирование производственных мощностей), зачастую интегрированных в более крупные системы планирования производственных ресурсов **MRP II.

***PDM**-системы являются неотъемлемой частью **PLM**-систем, поскольку накапливают данные, необходимые не только на этапах проектирования и производства продукции, но и на стадиях ее эксплуатации и утилизации.*

***PDM**-системы, в отличие от традиционных баз данных, способны накапливать данные любых форматов и типов: текстовые документы, геометрические модели, данные, необходимые для автоматических производственных линий, станков с ЧПУ и т.д. Данных бывает настолько много, что их можно использовать в качестве «цифрового макета» изделия.*

***PDM**-систему можно интегрировать с имеющимися на предприятии САПР, в результате чего эффективность их применения существенно возрастает. Происходит это благодаря тому, что после интеграции появляется возможность организовать работу над проектом в многопользовательском режиме, осуществлять обмен информацией между разработчиками (находящимися, возможно, в разных местах) в реальном масштабе времени. В то же время, во избежание несанкционированного внесения изменений в документы, разным пользователям предоставляются различные режимы доступа.*

***PDM**-система позволяет также создавать стандартизированные отчёты о характеристиках изделия, его частях и деталях, использованных материалах, а также обо всех этапах прохождения изделием жизненного цикла: от разработки до утилизации.*

6. BI (business intelligence, интеллектуальный анализ данных, бизнес-аналитика) - компьютерные методы и инструменты для организаций, обеспечивающие перевод транзакционной деловой информации в форму, пригодную для бизнес-анализа, а также средства для работы с обработанной таким образом информацией.

BI поддерживает принятие множества бизнес-решений - от операционных до стратегических. Основные операционные решения включают в себя позиционирование продукции или цен на нее. Стратегические бизнес-решения включают в себя приоритеты, цели и направления. BI-система наиболее эффективна, когда она объединяет данные, полученные с рынка, на котором работает предприятие (внешние данные), с данными из источников внутри предприятия, такими как финансовые и производственные (внутренние данные). В сочетании внешние и внутренние данные дают более полную картину бизнеса, т.е. аналитику, которую нельзя получить в результате анализа данных только от одного из этих источников.

BI-системы развиваются по четырем основным направлениям:

Хранение данных. Данные в хранилище **BI**-системы (**data warehouse, DW**) структурируются специальным образом для более эффективного анализа и обработки запросов (в отличие от обычных баз данных, где информация организована таким образом, чтобы оптимизировать время обработки текущих транзакций)

Интеграция данных. Для формирования и поддержания хранилищ данных используются **ETL**-средства инструменты, обеспечивающие извлечение данных (**extract**), их преобразование (**transform**), т.е. приведение к необходимому формату, и загрузку (**load**) данных в хранилище или в другую базу

Анализ данных. Для всестороннего анализа данных используются **OLAP**-инструменты (**on-line analytical processing**). Они позволяют рассматривать различные срезы данных, выявлять тренды и зависимости (по регионам, продуктам, клиентам и т.п.)

Представление данных. Для представления данных используются различные графические средства - отчеты, графики, диаграммы. Общепринятым средством визуализации данных являются информационные панели (**dashboards**), на которых результаты отображаются в виде индикаторов и шкал, позволяющих контролировать текущие значения выбранных показателей, сравнивать их с минимально/максимально допустимыми и таким образом выявлять потенциальные угрозы для бизнеса

7. Цифровой двойник (digital twin) - программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействия помех и окружающей среды. Важной особенностью цифрового двойника является то, что для задания на него входных воздействий используется информация с датчиков реального устройства, работающего параллельно. Работа возможна как в онлайн-, так и в офлайн-режиме. Далее возможно проведение сравнения информации виртуальных датчиков цифрового двойника с датчиками реального устройства, выявление аномалий и причин их возникновения.

Установка датчиков на реальное устройство осуществляется в процессе внедрения на предприятии технологий промышленного интернета вещей (**IIoT**).

Без создания цифровых двойников выпускаемых изделий невозможно внедрение современной технологии **PLM** (**Product Lifecycle Management**, управление жизненным циклом изделия). **IIoT** и **PLM** - неотъемлемые атрибуты «умной фабрики» (**Smart Factory**). Ее характерная особенность - формирование и использование цифровой модели материальных потоков, т.е. цифрового двойника уже не отдельного изделия, а производственной системы. Все названные выше технологии - подходы к реализации концепции Четвертой индустриальной революции (**Industry 4.0**). Если в традиционной промышленности достижение нужных характеристик изделия ведется через многочисленные натурные испытания, то в Индустрии **4.0** ставится задача проводить многократные испытания с помощью цифрового двойника, а натурные испытания проходить с первого раза.

Цифровой двойник изделия включает:

- Геометрическую и структурную модель объекта.
- Набор расчетных данных деталей, узлов и изделия в целом.
- Математические модели, описывающие все происходящие в изделии физические процессы.
- Информацию о технологических процессах изготовления и сборки отдельных элементов и изделия в целом.
- Систему управления жизненным циклом изделия.
- Цифровой двойник применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, включая проектирование, производство, эксплуатацию и утилизацию.

На этапе эскизного проектирования: создаются варианты компьютерной модели разрабатываемого изделия для оценки и выбора возможных технических решений.

На этапе технического проектирования: выбранный на предыдущем этапе вариант дорабатывается и уточняется с использованием моделей элементов. Полученная в результате модель изделия позволяет учесть и оптимизировать взаимодействие всех элементов с учетом режимов работы и воздействий окружающей среды, ее уже можно называть цифровым двойником разрабатываемого изделия.

На этапе изготовления: разработанная модель помогает определить требуемые допуски при изготовлении для достижения требуемых характеристик и обеспечения безотказной работы изделия в течение всего срока службы, а также позволяет быстро выявлять причины неисправностей в процессе тестирования.

На этапе эксплуатации: модель цифрового двойника может быть доработана и использована для реализации обратной связи с целью внесения корректив в разработку и изготовление изделий, диагностику и прогнозирование неисправностей, повышение эффективности работы, для выявления новых запросов потребителей

В целом, технологии Индустрии **4.0** могут быть использованы практически во всех сферах деятельности промышленного предприятия. В таблица **6** указаны примеры применения технологий Индустрии **4.0.**

Таблица 6. Применение технологий Индустрии **4.0**

Технология/ Фаза	Проектирование	Снабжение	Производство	Продажи и маркетинг	Послепродажное обслуживание
Аддитивные технологии	Снижение времени и расходов на разработку Изготовление прототипов в течение дней вместо недель	Децентрализованное производство комплектующих	Снижение времени и расходов производства изделий (уменьшение расхода материала до **85%**) Высокая диверсификация производственных процессов Производство кастомизированных изделий	Снижение складских запасов, а также транспортных издержек Возможности восстановления компонентов и узлов	Восстановление поврежденных деталей, запасных частей
Облачные технологии	Облачные базы данных для совместной разработки	Оптимизация закупа и поставок среди нескольких филиалов	Доступность информации о производственных процессах	Повышение скорости размещения заказа Повышение прозрачности продаж по всем торговым точкам	Доступ к данным для предиктивной аналитики Автоматизация службы поддержки клиентов
Передовая аналитика	Базы данных НИОКР для параллельного инжиниринга, прототипирования, симуляции и кооперации Дизайн на основе отзывов клиентов	Прогнозирование спроса для оптимизации закупок	Анализ данных с сенсоров для повышения производительности	Точное прогнозирование спроса для повышения продаж	Сбор данных с сенсоров после продажи в реальном времени для обнаружения дефектов и запуска информационных сервисов Предиктивный анализ состояния оборудования
Имитационное моделирование	Итеративное улучшение дизайна продукции Сокращение сроков выхода продукции на рынок	Ведение цифрового реестра сырья и материалов	Точная конфигурация оборудования Предупреждение и обнаружение дефектов Оптимизация производственных процессов		Ведение цифрового реестра продукции для гарантийного обслуживания

Технология/ Фаза	Проектирование	Снабжение	Производство	Продажи и маркетинг	Послепродажное обслуживание
Промышленный интернет	**Улучшение характеристик продукции, основываясь на закономерностях использования продукта**	**Повышение прозрачности наличия сырья и материалов у партнеров**	**Мониторинг производства в реальном времени** **Удаленное управление оборудованием**	**Сбор данных для точного прогнозирования спроса**	**Продажа сопутствующих интеллектуальных услуг**
«Умная» автоматизация		Автоматизированная внутренняя логистика	Автоматическая конфигурация оборудования без участия человека Автоматизированная аудиовизуальная инспекция качества продукции	Автоматизированное размещение заказа	
Дополненная реальность		Визуальные подсказки для облегчения инвентаризации и логистики	Демонстрация инструкций, чертежей, рабочих шагов Обнаружение дефектов и отклонений продукции		Диагностика неисправностей оборудования Послепродажное обучение

*Источник: исследование АО «КЦИЭ **«QazIndustry»** совместно с **Fraunhofer ISI***

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

Автоматизация бизнеса - это частичный или полный перевод стереотипных операций и бизнес-задач под контроль специализированной информационной системы, или программно-аппаратного комплекса. Как результат - высвобождение человеческих и финансовых ресурсов для повышения производительности труда и эффективности стратегического управления.

Автоматизация обычно ведется в двух направлениях:

1. Автоматизация основных бизнес-процессов: например, управление продажами или работой с клиентами. В этом случае она проводится для непосредственного увеличения объема продаж, количества выпускаемой продукции и повышения доходности всего бизнеса в целом
2. Автоматизация поддерживающих процессов, таких как бухгалтерский учет, отчетность, делопроизводство. Напрямую на увеличение доходов такая автоматизация не влияет, но помогает сократить время и издержки на ведение рутинной работы

Основными задачами автоматизации бизнеса:

- эффективная поддержка оперативной деятельности предприятия, организация учета и контроля;
- подготовка любых документов для партнеров, включая накладные, счет-фактуры, акты сверки и деловые предложения;
- быстрое получение отчетов о состоянии дел в компании за любой период времени;
- оптимизация затрат на персонал, увеличение эффективности использования рабочего времени путем освобождения сотрудников от рутинной работы;
- сведение к минимуму негативного влияния «человеческого фактора» на важнейшие бизнес-процессы;
- безопасное хранение информации;
- повышение качества обслуживания клиентов.

Ряд существенных преимуществ при автоматизации бизнеса:

- увеличение скорости обработки информации и решения повторяющихся задач;
- повышение прозрачности бизнеса и его технологичности;
- рост согласованности действий персонала и качества его работы;
- возможность контроля больших объемов информации;
- автоматизация ручного труда;
- уменьшение количества ошибок и повышение точности управления;
- параллельное решение нескольких задач;
- быстрое принятие решений в стереотипных ситуациях.

В результате автоматизации управления бизнес-процессами руководитель предприятия получает больше информации для анализа бизнес-процессов в виде подробных аналитических отчетов и имеет возможность качественно управлять компанией с учетом внешних и внутренних показателей.

Большинство предприятий начинают автоматизацию с рутинных трудоемких процессов, а также с операций, ощутимо влияющих на прибыль и выручку: финансы и бухгалтерия, документооборот, производство продукции и складской учет. Автоматизация таких областей деятельности, как управление предприятием, маркетинг, управление качеством и внешние коммуникации на большинстве предприятий Казахстана согласно результатам анкетирования можно считать, что только начинается.

В условиях экономического кризиса приоритеты в сфере автоматизации бизнес-процессов несколько изменяются. К числу основных трендов текущего сезона относятся следующие:

- *Использование облачных технологий.* Основное отличие этого метода автоматизации - отсутствие в компании собственного сервера. Такие системы пользуются большой популярностью у представителей малого бизнеса, поскольку стоят значительно меньше, чем традиционный вариант.
- *Активная автоматизация инструментов маркетинга:* внедрение **CRM**-систем, систем автоматизации контекстной рекламы и **BI**-систем.
- *Развитие технологий межмашинного взаимодействия.* Зарождающийся тренд **M2M - Machine to Machine** - предполагает минимальное участие человека в тех процессах, где это возможно, поскольку усложнение бизнес-процессов и оборудования не всегда позволяет человеку адекватно оценивать и реагировать на изменение ситуации.
- *Применение инструментов **big data**.* Еще один тренд развития автоматизации бизнес-процессов - внимание к большим данным и связанной с ними бизнес-аналитике. Востребованы крупными компаниями, поскольку для обработки больших данных требуется специализированное дорогостоящее оборудование.
- *Анализ данных в режиме реального времени.* Системы автоматизации бизнеса будут эволюционировать в сторону обработки транзакций **real-time**, что приведет к полностью синхронизированным операциям.

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Одним из основных условий автоматизации бизнеса является применение предприятием процессного подхода. Под этим термином понимают подход, определяющий рассмотрение деятельности компании как сети бизнес-процессов, неразрывно связанных с ее основными целями, задачами и миссией. Процессный подход, в отличие от преобладающего во многих компаниях структурного подхода, ориентирован не на существующую организационную структуру предприятия, а на реальные бизнес-процессы, конечным результатом которых является создание услуги или продукта.

Процессный подход способствует повышению гибкости бизнеса, сокращению времени реакции на изменения конъюнктуры и улучшению результатов деятельности предприятия.

Каждый бизнес-процесс в компании состоит из набора отдельных операций с порядком выполнения, определяемым технологией или инструкциями. Необходимыми характеристиками бизнес-процесса считаются маршруты и правила, а также входы, выходы, потребляемые ресурсы, участники и владельцы.

Прежде чем приступать к автоматизации бизнес-процессов, необходимо провести работу по их вычленению и описанию, а также отнести их к группе основных или вспомогательных процессов. Это достаточно длительная процедура, на практике она требует участия всех подразделений компании в тесном взаимодействии.

Виды и количество бизнес-процессов индивидуальны для каждого предприятия. Все дифференцированные бизнес-процессы можно затем интегрировать в несколько основных направлений, по каждому из которых возможно проведение автоматизации как в целом, так и в рамках отдельного процесса.

Таблица 7. Направления и процессы бизнес-процессов

Направления	Процессы
1. Управление	• стратегический менеджмент; • экономическая безопасность; • юридическое сопровождение; • управленческий учет; • бюджетирование; • информационная безопасность
*Пример: можно применять систему программ «1С: Предприятие», модуль управления системы **SAP R/3***	
2. Маркетинг и продажи	• управление маркетинговой деятельностью; • **PR;** • управление рекламной деятельностью; • управление продажами; • управление взаимоотношениями с клиентами (**CRM**)
*Пример: для автоматизации этого направления часто используют ПО: **CRM**-системы -«Мегаплан», «1С:Битрикс24», **Clientbase.ru**, управление рекламной деятельностью -**EFSOL: AMS** Управление рекламой, «СиЗиФ», управление сайтом (**CMS**) - **Bitrix, UMI.CMS, NetCat, HostCMS, AMIRO.CMS, DataLife Engine (DLE)** и др.*	
3. Производство	• управление производственными процессами; • управление запасами предприятия; • управление поставками материалов; • управление производственным оборудованием; • система логистики
*Пример: программные продукты: системы «Крафт», УСУ, произвдственный модуль **AVA ERP, VOGBIT, Sage**, Супер Склад», «Склад и Реализация»*	
4. Управление качеством	• система менеджмента качества (СМК); • контроль качества выпускаемой продукции и производственных показателей; • работа с претензиями
*Пример: применяемое ПО: «Администратор показателей», «ФИНЭКС: Управление качеством», «Магистр: Управление качеством», **Wonderware MES Software/Quality, ProdX***	
5. Управление персоналом	• подбор персонала; • обучение и развитие персонала; • кадровый учет; • мотивация и оплата труда
Пример: программные продукты: «**E-Staff** Рекрутер» от **Datex Software**, «1С: Зарплата и Управление Персоналом», **Oracle**/Управление Персоналом, «Фараон», «БОСС-Кадровик»	

Направления	Процессы
6. Финансы	• бухгалтерский учет; • налоговый учет; • финансовое планирование; • управление расчетами с клиентами; • расчет заработной платы сотрудников предприятия
Пример: программное обеспечение для автоматизации: «1С: Бухгалтерия», «1С: Зарплата», «АудитЭксперт», «Мастер Финансов Анализ», «Фингранд»	
7.Организация деятельности компании	• документооборот; • секретариат
*Пример: программные продукты: «1С: Документооборот», «E1 Евфрат» от **Cognitive Technologies**, «Мастер Док» от **Master Group**, **QPR 2014**, Ореп **Text***	

Большинство приведенных, к примеру систем несут рекомендательный характер.

«Островная» автоматизация отдельных бизнес-процессов компании рано или поздно становится неэффективной, поскольку попытки объединить в единое целое несколько разных систем автоматизации чаще всего оказываются неудачными. При реализации «островного» подхода цель повышения общей эффективности работы предприятия обычно не ставится.

В противовес этому комплексная система автоматизации бизнеса представляет собой систему управления финансово-хозяйственной деятельностью компании и обеспечивает ведение оперативного, управленческого и бухгалтерского учета в целом.

Концепция комплексной системы управления предприятием - **ERP** - была разработана еще в конце **80**-х годов прошлого века. В начале **90**-х она начала набирать популярность, поскольку стали появляться системы управления, способные реализовать эту концепцию. В основе **ERP**-системы лежит принцип создания единого информационного пространства, помогающего отследить в режиме реального времени всю информацию о бизнес-процессах во всех подразделениях компании.

ERP-системы строятся по модульному принципу, и их структура подразумевает наличие отдельных блоков, несущих ответственность за конкретный процесс. Благодаря такому принципу организации возможна доработка и расширение функциональных возможностей всей системы по мере появления новых технологий, изменений в законодательстве или в потребностях клиентов.

Большинство **ERP**-систем включает следующие группы модулей:

- логистический;
- производственный;
- маркетинговый
- обеспечивающий;
- сбытовой;
- другие.

Также как и в России, в Казахстане **ERP**-системы появились только в конце прошлого века и первоначально использовались исключительно крупными компаниями, но на сегодняшний день их внедрение производится на предприятиях любого масштаба.

После внедрения **ERP**-системы компания может отказаться от использования многочисленных разрозненных программ для работы с финансами, складом, офисом, логистикой. Это, в свою очередь, позволит бизнесу существенно сократить затраты на **IT**-поддержку.

ЭТАПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В бизнес-процессы включается последовательность этапов, шагов, функций и прочих действий, а также все взаимодействующие между собой участники организации (руководители, сотрудники, клиенты). Работа любого предприятия представляет собой ряд связанных бизнес-процессов.

Существует четыре основных вида бизнес-процессов.

1. Ключевые. Создают ценность товаров/услуг, повышают их цену на стадии монтажа, производства или другой промежуточной ступени;
2. Поддерживающие. Представляют ресурсы, важные для ключевых процессов, поддерживают инфраструктуру компании;
3. Процессы развития. Предоставляют возможности для усовершенствования будущей работы предприятия. В процесс включают обучение или повышение квалификации персонала, а также планирование дальнейшей деятельности компании;
4. Управляющие. Решают задачи компании при помощи оперативного управления, планирования, обучения, мотивации персонала.

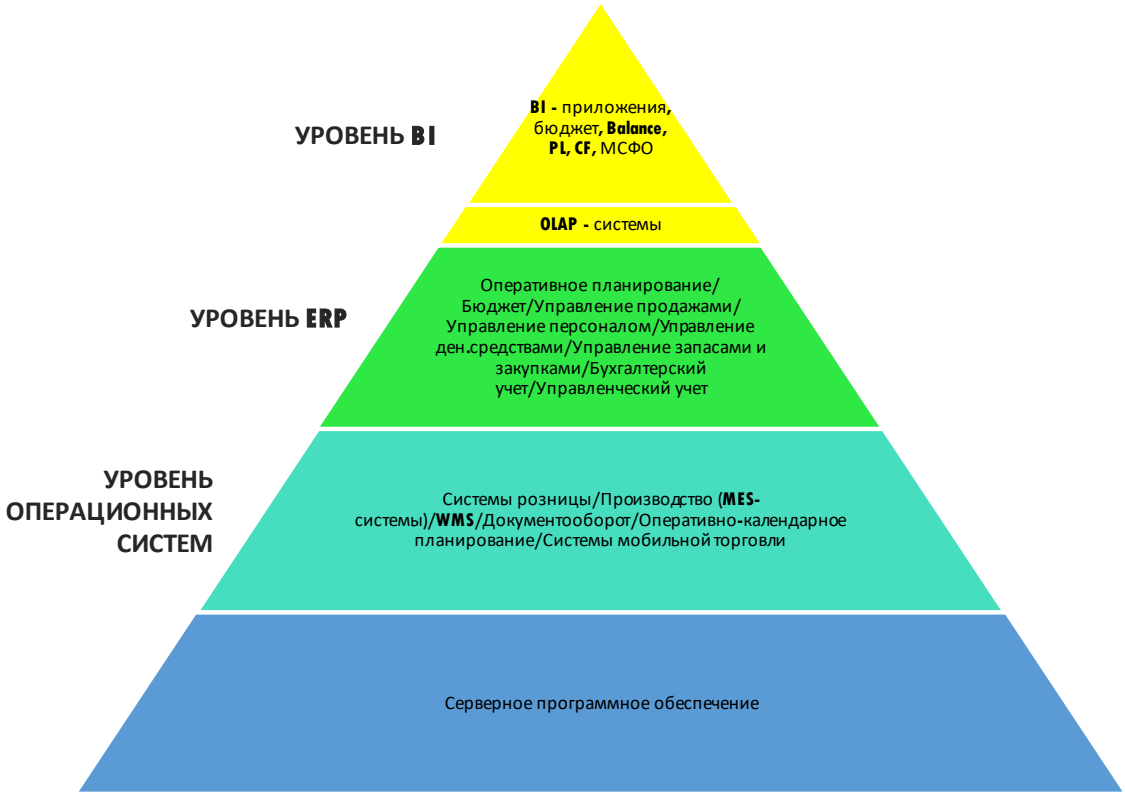
Автоматизация бизнес-процессов предприятия пройдет успешно лишь в случае, если руководитель умеет эффективно управлять этими процессами. Директор должен выстраивать работу компании так, чтобы бизнес-процессы выполнялись строго по составленной схеме и без сбоев. В идеале не должно уходить много времени на обработку документации.

Существует множество эффективных способов организации бизнеса. Наиболее рациональный вариант – комплексная автоматизация процессов на базе собственной или адаптированной модели информационной системы. Использование систем автоматизации позволяет увеличить прибыльность производства и значительно сократить издержки. Этапы автоматизации бизнес-процессов указаны в таблице **8**.

Таблица 8. Этапы автоматизации бизнес-процессов

ЭТАП	ОПИСАНИЕ
1. Определение целей автоматизации	Прежде чем начать действия по автоматизации процессов бизнеса, необходимо поставить перед собой конкретные стратегические цели. Обдумайте, чего вы хотите достичь, какие задачи вам должна помочь решить автоматизация управления бизнес-процессами. Например, автоматизация бизнес-процессов управления снабжением отличается от автоматизации работы с клиентами. Если в первом случае вам надо заняться оптимизацией логистики, прием\отправка груза и т.д. То во втором случае вам необходимо отслеживать другие показатели: звонки, эффективность воронки продаж и т.д.
2. Формализация бизнес-процессов	Для описания бизнес-процессов требуется определить, какие в них присутствуют подпроцессы, как движется информация, в какой последовательности выполняются мероприятия, какие есть ограничения и какими ресурсами вы сможете воспользоваться
3. Оптимизация бизнес-процессов	После разработки модели специалисты анализируют их, чтобы затем перевести из желаемой в реальную. Затем составляется план по достижению заданных целей с использованием процессов. В итоге выстраивается бизнес-процесс, из которого исключены лишние операции и задержки
4. Разработка технического задания	Определяются точные задачи, которые не могут быть решены без участия владельца
5. Кодирование информации, разработка должностных инструкций	Организация, которая занимается внедрением автоматических решений, выполняет кодирование информации. На данном этапе рекомендуется также начать разработку служебных инструкций, чтобы упростить обучение персонала в будущем
6. Обучение сотрудников	Этот этап требуется только тогда, когда структура рабочего процесса изменяется или планируется изменять состав сотрудников
7. Опытная эксплуатация	Оценить продуктивность системы автоматизации можно только одним способом: применить ее на практике. Этот этап поможет отладить рабочий процесс и избежать ошибок

Рис. 6. Пирамида автоматизации бизнес-процессов и уровни систем



ПОДХОДЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Трансформация промышленного комплекса, вызванная любыми факторами и реализуемая в любых условиях, – это всегда дискретный процесс качественных изменений, приводящий к существенным структурным изменениям и институциональным преобразованиям. Выделение стадий трансформации промышленного комплекса возникло в связи с необходимостью этапной оценки качественных изменений, носящих необратимый характер и формирующих переход в принципиально новое состояние с более высокими социально-экономическими показателями эффективности на пути к формированию будущей модели промышленности. Любое качественное изменение системы всегда сопровождается преобразованием ее структуры, что приводит к изменению форм экономической деятельности и социально-экономических институтов. В такой трактовке термин «трансформация» не включает весь процесс подготовки этого перехода, который делится, как известно, на разные периоды количественных и качественных преобразований. В этом случае трансформация есть только результат предшествующих преобразований, момент преображения, а не сам процесс преобразования системы.

В рекомендации указаны стадии трансформации промышленного комплекса в виде пирамиды, каждая из которых имеет определенный «ген цифровизации» (таблица **9**).

Таблица 9. Стадии цифровизации промышленного комплекса

1. ПЕРВАЯ СТАДИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - ПЕРВИЧНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Данная стадия предполагает компьютеризацию в широком смысле этого слова, масштабное внедрение электронно-вычислительных машин в сферу производства в различных отраслях промышленности. Компьютеризация является центральным и обязательным условием развития информационных взаимодействий, определяющих промышленное развитие. Компьютеризацию в промышленности принято рассматривать как процесс внедрения и технической модернизации компьютеров, обеспечивающих автоматизацию информационных процессов промышленных предприятий, например, для управления технологическими процессами, производством и передачей энергии и другими производственными процессами; проектирования сложных объектов; планирования, учета и обработки статистических данных, организационно-административного управления; научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, обучения, диагностирования и т. д.

Использование компьютеров в различных сферах управления и промышленного производства, совершенствование их технической базы и оснащение современными коммуникационными средствами увеличивает оперативность накопления и переработки информации, становится фактором повышения эффективности управленческих взаимодействий и надежности технико-экономических обоснований проектов промышленного развития.

К числу показателей, характеризующих данную стадию, относятся доли предприятий, использующих персональные компьютеры, серверы, локальные вычислительные сети, электронную почту, глобальные информационные сети, веб-сайты в Интернете, «облачные» сервисы, выделенные технические средства для мобильного доступа к Интернету (смартфоны, планшетные компьютеры, **GSM/GPRS/UMTS/CDMA/3G/LTE**-модемы), как в целом по промышленности, так и по отдельным отраслям

2. ВТОРАЯ СТАДИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБМЕН ДАННЫМИ С ВНЕШНИМИ СЕТЕВЫМИ ПАРТНЕРАМИ (EDI)

EDI в соединении с Интернетом позволяет осуществлять электронные транзакции в реальном времени и тем самым существенно ускорять процессы взаимодействия между поставщиками, подрядчиками, кооператорами и потребителями. Обмен коммерческой информацией (производственные заказы, доставки, счета, денежные переводы и т. д.) на бумажных носителях предусматривает в основном ручной ввод информации в компьютерную систему компаний-партнеров. Использование стандартов электронного документооборота позволяет избежать этого, применение автоматических процедур повышает скорость и точность сбора данных.

К числу показателей, характеризующих данную стадию, можно отнести:

- долю предприятий, использующих **EDI** по форматам обмена (**EDIFACT, EANCOM, ANSI** X**12;** основанным на X**ML**-стандартах, например **ebXML, RosettaNet, UBL, papiNET;** проприетарных стандартах), как в целом по промышленному комплексу, так и по видам экономической деятельности, относимых к промышленности;

- удельный вес стоимости закупок (продаж) товаров/работ/услуг по заказам, переданным (полученным) предприятием по Интернету, другим глобальным информационным сетям (с использованием веб-сайтов, системы автоматизированного обмена сообщениями между организациями (**EDI**-систем));

- долю предприятий, использовавших Интернет для связи с поставщиками (получение сведений о товарах/работах/услугах и их поставщиках; предоставление сведений о потребностях предприятий в товарах/работах/услугах; размещение заказов на товары/работы/услуги; оплата поставляемых товаров/работ/услуг; получение электронной продукции и др.);

- долю предприятий, использовавших Интернет для связи с потребителями (предоставление сведений об организации, ее товарах/работах/услугах; получение заказов на товары/работы/услуги; осуществление электронных расчетов с потребителями; распространение электронной продукции; послепродажное обслуживание и др.)

3. ТРЕТЬЯ СТАДИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Специальное программное обеспечение представляет собой совокупность программ, применяемых для решения определенного класса задач. Предназначено для построения программно-аппаратных комплексов на базе имеющихся у пользователя аппаратных средств (компьютеры, оборудование с ЧПУ и др.). Данная стадия тесно связана с широко внедренным процессом автоматизации, использующим саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо значительного уменьшения степени этого участия или трудоемкости выполняемых операций. Цифровая трансформация данной стадии достигает уровней, разница между которыми аналогична разнице между двумя терминами: «оцифровка» (перевод информации с физических носителей на цифровые) и «цифровизация» (создание нового продукта на основе цифровых технологий).

Как правило, специальное программное обеспечение предназначено для поддержки принятия решения должностным лицом, а именно выбора из устоявшейся базы данных оптимального (способа) метода решения, на основе разработанного и опробованного алгоритма. Являясь генератором и потребителем технологических новшеств, промышленность, как никакая другая отрасль экономики, остро восприимчива к применению специального программного обеспечения, использование которого обеспечивает продукции дополнительные конкурентные преимущества. Но не только наличие специального программного обеспечения идентифицирует третью стадию цифровизации. Важной составляющей данной стадии является структура станочного парка и доля оборудования с числовым программным управление в нем.

К показателям, характеризующим третью стадию цифровой трансформации промышленности, отнесем:

- доли промышленных предприятий, использующих специальное программное обеспечение для:

  1) научных исследований;

  2) проектирования;

  3) управления автоматизированным производством и/или отдельными процессами;

  4) **CRM**, **ERP**, **SCM**-системы;

  5) решения организационных, управленческих и экономических задач;

  6) управления закупками и продажами товаров (работ, услуг);

  7) осуществления финансовых расчетов в электронном виде;

- долю оборудования с ЧПУ и обрабатывающих центров в станочном парке.

4. ЧЕТВЕРТАЯ СТАДИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - ПРОИЗВОДСТВО ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

Данная стадия все больше приближает промышленность к статусу «цифровая» и характеризует переход от простого потребления результатов сферы информационно-коммуникационных технологий к их производству, масштабному развитию внутреннего рынка электронных компонентов и оборудования, формированию импортозамещающих программ.

Отраслью промышленности, ответственной за четвертый этап цифровизации промышленности, является производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования. В связи с этим основными показателями, характеризующими данную стадию, является доли товаров (работ, услуг) собственного производства, связанных с ИКТ, в общем объеме отгрузки, как в целом, так и по видам: ИКТ-оборудование (в том числе компьютеры и периферийное оборудование), программное обеспечение, базы данных, компьютерные, информационные ресурсы, услуги, связанные с ИКТ

5. ПЯТАЯ СТАДИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ - ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОВ И ДАТЧИКОВ (ПРОМЫШЛЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ)

Данная стадия подразумевает цифровизацию в самом широком смысле – как процесс внедрения цифровых систем передачи на уровне первичных сетей, средств коммутации и управления, обеспечивающих передачу и распределение потоков информации в цифровом виде на уровне вторичных сетей. Промышленный Интернет вещей представляет собой многоуровневую систему, в которой посредством использования Интернета объединены в сеть различные промышленные объекты со встроенными датчиками, контроллерами и программным обеспечением для сбора и обмена данными с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме.

Основные компоненты промышленного Интернета вещей – это умные сенсоры, которые способны собирать данные прямо во время процесса производства, контроллеры, установленные на конкретных узлах промышленного объекта, средства передачи собираемых данных, облачные сервисы, мощные аналитические инструменты интерпретации получаемой информации. Ключевая идея предполагает, что производственные мощности предприятий будут взаимодействовать с производимыми товарами лей. Роль умных машин, приборов в таком мире настолько возрастет, что они реально будут участвовать в производстве и управлении. Они также будут объединяться в сети, самостоятельно анализировать данные и принимать решения. В одну сеть будут объединены станки на производстве, сборочные линии (конвейеры) и даже целые заводы и фабрики. При этом взаимодействовать они будут без участия человека. Ключевыми трендами концепции «Индустрии **4.0**» были обозначены роботы и автоматизация, аддитивные технологии и цифровые технологии – Интернет вещей (**IoT**) и искусственный интеллект

ГЛАВА 3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

Число изменений во внешней среде нарастает с безумной скоростью, и поэтому требования к адаптивности компаний возрастают год от года. По различным аналитическим исследованиям топ-менеджеры большинства международных компаний больше всего напуганы тем фактом, что их компании не успевают адаптироваться к происходящим изменениям, при этом тренд в этой области отрицательный Во многих случаях основная проблема в обеспечении адаптивности компании - это согласование и контроль требуемых изменений в рамках всей организации. При изменении целей, меняется стратегия, что в свою очередь требует изменений в бизнес-процессах и приоритетах проектов, а также в организационной структуре.

Все это косвенным образом влияет на знания и полномочия внутри компании, а это в свою очередь может привести к изменениям в информационных потоках, которые в свою очередь потребуют изменений в существующих информационных системах. В качестве решения вышеозначенной проблемы, необходимо анализировать все элементы предприятия в целом, при этом такая совокупность элементов называется архитектурой предприятия. Управление архитектурой предприятия (**Enterprise Architecture**), создает основу для синхронизации всех вышеперечисленных объектов внутри организации, и в тоже время запускает цикл их непрерывного изменения для целей оптимизации бизнеса.

УПРАВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Сейчас можно отметить, что многие предприятия начали использовать архитектурный подход при совершенствовании своей деятельности и при внедрении ИТ-приложений, хотя нам еще далеко до таких лидеров в этой области как США. Архитектура предприятия должна стать основой для определения структуры компании (цели, ключевые показатели результативности, бизнес-процессы, организационная структура и т.д.), информации необходимой для ведения бизнеса (данные, документы, информация и т.д.) и информационных технологий используемых для поддержки бизнес-процессов.

Фактически можно выделить бизнес-архитектуру и ИТ- архитектуру компании. Согласованность всех элементов архитектуры между собой позволит «навести порядок», при этом для обеспечения адаптивности необходимо не только построение архитектуры, но и создание процесса управления изменениями в целях обеспечения соответствия существующей архитектуры предприятия изменяющейся внешней среде.

Для решения задач построения архитектуры предприятия создано множество методологий (**Frameworks**), такие как:

- Модель Захмана (**Framework for Information Systems Architecture**) -методика описания архитектуры информационных систем;
- **DoDAF - Department of Defense Architecture Framework –-** методика описания архитектуры Министерства обороны США, ранее известная под названием **C4ISR AF**;
- **FEAF - Federal Enterprise Architecture Framework -** Федеральная Архитектура Государственных организаций США;
- **TEAF - Treasury Enterprise Architecture Framework -** методика описания архитектуры казначейства США;
- **TOGAF - The Open Group Architecture Framework -** методика описания архитектуры разработанная **Open Group**;
- **NASCIO - National Association of State Chief Information Officers -** методика, разработанная Национальной ассоциацией **CIO** США;
- **NATO Architecture Framework -** методика описания архитектуры НАТО;
- **Enterprise Architecture Desk Reference -** документ компании **META Group** и т.д.

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ АРХИТЕКТУРОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

В результате сравнительной характеристики основных методологий разработки архитектурой предприятия (АП), новым является следующее: целостное описание степени разработанности проблемы исследования, подробная характеристика эволюции концепции АП, более глубокий анализ публикаций по дефиниции АП, авторское определение АП, подробная характеристика общих и специализированных компонентов АП, более широкий охват методологий (восемь вместо четырех-шести) разработки АП, выявление ключевых особенностей рассматриваемых методологий (табл. **10**) и их сравнение по пяти критериям (табл. **11**), позволяющее облегчить принятие решения по выбору базовой методологии для конкретного отечественного предприятия.

Таблица 10. Ключевые особенности методологии архитектуры предприятия

НАЗВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ	КЛЮЧЕВАЯ ОСОБЕННОСТЬ
Методология Захмана	Методология Захмана была обращена к архитектуре ИС и в последствии модернизирована до методологии архитектуры хозяйствующих субъектов. Методология обозначает причины процесса (почему**?**), его субъекты (кто**?**), объекты (что**?**), направленность действий (как**?**) и место действий (где**?**)
EAP	В основе методологии - процесс планирования АП и разработка плана ее реализации в практической деятельности предприятия
Майкрософт	Методология сфокусирована на процессах разработки программных прикладных систем и технологической инфраструктуры
TOGAF	Методология основана на представлении континуума предприятия как коллекции блоков - моделей, процессов, архитектур, которые складываются в готовые решения. Главным компонентом **TOGAF** является циклический процесс разработки архитектуры **ADM**
FEAF	Методология включает четыре представления (бизнес, информация, приложения, инфраструктура) и пять справочных моделей для их описания
SAM	Методология является инструментом анализа и документирования АП и связанных с ней элементов. Использует нотацию «сфер интересов»
GERAM	Методология основана на унификации методов нескольких дисциплин, применяемых в процессе изменений
Gartner	Методология является сборником советов по построению и анализу АП. Представляет АП в виде трехмерной модели

Таблица **11.** Сравнение ключевых методологий построения АП

Критерии сравнения	Захман	EAP	Microsoft	TOGAF	FEAF	SAM	GERAM	Gartner
Возможность связи с миссией, целями и бизнес-стратегией	✔	✔	✔	✘	✔	✔	✔	✔
Иерархический подход к моделированию абстракции	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
Формальный язык и система обозначений	✘	✘	✘	✔	✘	✘	✘	✘
Описание процесса разработки АП	✘	✔	✔	✔	✔	✘	✔	✔
Рекомендации по использованию и управлению АП	✘	✔	✔	✔	✔	✘	✔	✔

СТАНДАРТЫ ИНДУСТРИИ 4.0

Присоединение к комитетам в области Индустрии **4.0** международных организаций по стандартизации с целью адаптации международных стандартов и гармонизации национальных стандартов (МГС, **ISO**, **IEC**, **ITU**, **IIC**, **OPC Foundation**, **W3C**, **Globalminingstandards** и др.).

Одним из важных аспектов при внедрении новых технологий является разработка и внедрение стандартов, которые определяют минимальные требования к эксплуатационной пригодности, безопасности, в т.ч. для окружающей среды, возможностям технической интеграции в более вышестоящие системы (к примеру, подключение к линиям электропередач, к сети сотовой связи и др.). Стандарты носят рекомендательный (добровольный) характер, кроме тех случаев, когда есть законодательные требования обязательного соответствия продукции и услуг определенным стандартам. Так, к примеру, продукция **Microsoft**, **Apple** не стандартизирована, что не сдерживает продажи продукции данных компаний. Несмотря на то, что стандарты носят в основном рекомендательный характер, технические стандарты исполняют функции, необходимые для стабильности работы всей производственной системы. Во-первых, стандарты интероперабельности и совместимости позволяют обеспечивать коммуникацию и совместную работу машин и оборудования. Во-вторых, стандарты качества и эталоны описывают свойства продуктов и услуг, которые являются сигналом для потребителей о функциональных возможностях продукта и услуги для тех или иных целей, т.е. своеобразной гарантией качества. В-третьих, стандарты безопасности описывают требования к обеспечению информационной безопасности или другим вопросам функциональной безопасности продуктов.

Разработка и внедрение стандартов для новых технологий, к которым также относятся технологии Индустрии **4.0**, является сложным процессом, т.к. требуется согласование общих требований среди всех заинтересованных сторон. Стандарты могут придать импульс развитию и внедрению новых технологий, а также сдержать их развитие. Так, к примеру, стандарт **GSM** (первоначально **«Groupe Speciale Mobile»**), разработанный и внедренный в Европейском союзе, придал импульс производству мобильных телефонов, т.к. производители **26** европейских стран ориентировались на общий стандарт. Позже, после внедрения **GSM** на территории Европы, данный стандарт был принят США, Японией, Южной Кореей и другими **200** странами. С **1991** года аббревиатура **GSM** означает **Global System for**

Mobile Communication (глобальная система мобильной коммуникации). Таким образом наличие общего стандарта являлось одним из факторов распространения мобильной связи в относительно короткие сроки. В противоположность к этому, развитие электромобилей приняло иной путь. Производители электромобилей не достигли единства в вопросе стандарта по электрическому разъёму. Существуют различные типы разъёмов: **1**) США и Япония; **2**) Германия и Италия; **3**) Франция. Таким образом, производители зарядных станций для электромобилей, поставщики автомобилестроительных компаний вынуждены изготавливать различные решения для различных производителей, что увеличивает расходы на разработку новой продукции, снижает эффект масштаба, которого можно добиться при производстве продукции по единым стандартам. Множество разъёмов на рынке также сдерживает продажи электромобилей, т.к. потенциальные покупатели не уверены в возможностях свободного передвижения в различных странах.

Учитывая, что на сегодняшний день существует множество различных решений по технологиям Индустрии **4.0** и в разработку данных технологий вовлечено большое количество заинтересованных сторон, не существует единых стандартов по многим технологиям, которые могут быть приняты в качестве ориентиров. По сути, стандартизация в части цифровизации производственных процессов находится на начальном этапе.

Технические стандарты для Индустрии **4.0** разрабатываются различными национальными (к примеру, немецкий **DIN**), европейскими (**CEN**, **CENELC**, **ETSI**) и международными организациями по стандартизации (**ISO**, **IEC**, **ITU**). Кроме того, существует множество отраслевых консорциумов (**IIC**, **OPC Foundation**, **W3C**, **Globalminingstandards** и т.д.), которые также разрабатывают технические стандарты. Многие из этих организаций являются конкурентами. Мониторинг действий различных разработчиков стандартов – сложная задача, т.к. невозможно участвовать во всех нормотворческих процессах данных организаций.

При международных организациях стандартизации **ISO** (международная организация по стандартизации) и **IEC** (международная электротехническая комиссия) существуют различные комитеты и подкомитеты, совместные рабочие группы по направлениям Индустрии **4.0.** Только комитетом **JTC 1** (**Joint Technical Committee**), состоящего из **20** подкомитетов, было опубликовано более **2600** стандартов в рамках ИКТ. С ноября **2016** года также действует комитет по Интернету вещей и связанным технологиям.

Таблица 12. Комитеты и подкомитеты стандартизации в рамках Индустрии **4.0**

СТАНДАРТ	ОПИСАНИЕ/НАИМЕНОВАНИЕ
ISO/IEC JTC 1	Информационные технологии
ISO/IEC JTC 1/SC 7	Разработка программного обеспечения и проектирование систем
ISO/IEC JTC 1/SC 17	Карты и персональная идентификация
ISO/IEC JTC 1/SC 27	Методы и средства обеспечения безопасности информационных технологий
ISO/IEC JTC 1/SC 32	Управление и обмен данными
ISO/IEC JTC 1/SC 37	Биометрика
ISO/IEC JTC 1/SC 38	Облачные вычисления и распределенные платформы
ISO/IEC JTC 1/SC 40	Управление услугами ИТ и управление корпоративными ИТ
ISO/IEC JTC 1/SC 41	Интернет вещей и связанные технологии
ISO/TC 10	Техническая документация
ISO/TC 10/SC 10	Документация в области технологических установок для непрерывного процесса производства
ISO/TC 39	Станки
ISO/TC 39/SC 10	Безопасность
ISO/TC 184	Системы промышленной автоматизации и интеграции
ISO/TC 184/SC 1	Контроль физических устройств

СТАНДАРТ	ОПИСАНИЕ/НАИМЕНОВАНИЕ
ISO/TC184/SC4	Промышленная информация
ISO/TC184/SC5	Интероперабельность, интеграция и архитектура для корпоративных систем и приложений автоматизации
ISO/TC211	Географическая информация/Геоматика
ISO/TC261	Аддитивное производство
ISO/TC292	Безопасность и устойчивость
ISO/TC299	Робототехника
IEC TC65	Измерение, контроль и автоматизация промышленных процессов

*Источник: **Standards Australia***

Учитывая, что новые технологии в рамках Индустрии **4.0** по большей части разрабатываются за пределами РК (основными разработчиками стандартов являются компании и научные и исследовательские организации зарубежных стран), Казахстан является страной, принимающей международные стандарты с учетом условий и специфики страны. При этом, нет необходимости принятия всех стандартов, а только тех, необходимость в которых возникла с практической точки зрения. На сегодняшний день система стандартизации в Казахстане подготовлена к внедрению стандартов Индустрии **4.0** при возникновении необходимости. В соответствии с рекомендациями экспертов института им. Фраунхофера и Института развития **Business-Sweden** в целях предотвращения технологической изолированности в Республике Казахстан необходимо координировать разработку национальных стандартов в рамках комитетов и подкомитетов международных организаций по стандартизации. Необходимо обеспечить тесное сотрудничество и координацию казахстанского бизнеса с международными партнерами. Во-первых, участие в данном процессе обеспечивает доступ к информации по технологиям, не являющейся открытой. Это, как известно, является одним из основных мотивов для бизнеса для участия в технической стандартизации. Вторая причина, по которой необходимо участие в международной стандартизации - возможность узнать, какие технологии могут быть приняты в качестве стандартов Индустрии **4.0** в будущем. Таким образом, это может свести к минимуму затраты на адаптацию любой технологии, принятой в качестве стандарта де-факто. В противном случае, существует риск преждевременного внедрения технологий, когда, в конечном счете, стандартом де-факто станет другая технология. В-третьих, участие в данном процессе позволит повлиять и придать динамику процессу разработки стандартов, в т.ч. с учетом собственных интересов (включение в рамках принимаемого стандарта собственной запатентованной технологии и др.).

Стоит также рассмотреть стандарты, которые указаны в работе **International Journal of Open Information Technologies** «Трансформация промышленности в цифровой экономике - проектирование и производство».

Согласно данной работе, сегодня все технологии и смены парадигмы группируются вокруг подхода, основанного на кибер-физических системах, который начал превращаться в экосистему стандартов, как для новой промышленности, так и для иных приложений цифровой экономики. Системами стандартов, которые обсуждены в работе «Трансформация промышленности в цифровой экономике - проектирование и производство», определяют области технического взаимодействия между различными направлениями усилий по стандартизации. В данной рекомендации будут применены эти стандарты по видам систем.

СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Модели данных производственных систем и стандарты практики обеспечивают информационные модели для заводского производства через системы проектирования. Они усиливают обмен информацией между заинтересованными сторонами, а также делают возможным включить виртуальный ввод в эксплуатацию, что может улучшить производственную маневренность и снизить стоимость производства.

Кроме стандартов **CAX**, существуют несколько международных стандартов, специфичных для моделирования производственной системы и обмена данными. Стандарты в этой области могут быть

разделены на два домена: производственных ресурсов и процессов, и строительства / моделирования объектов, такие как:

- В **ISO 10303 AP 214** было показано, что нужно иметь возможность представлять различные аспекты производственной системы в целях ее развития.
- **ISO 10303 AP 221** определяет функциональные данные и схематические изображения технологических установок.
- **ISA 95** определяет модель иерархии оборудования и модели производственных процессов.
- **ISO 18629** определяет язык спецификации процессов (**Process Specification Language - PSL**), направленный на выявление и формальное определения и структурирования семантических понятий, присущих получению и обмену информацией, связанной с процессом дискретного производства.
- **IEC 62832** (**Digital Factory**) определяет комплексную сеть цифровых моделей, методов и инструментов для представления основных элементов и средств автоматизации, а также поведения и отношений между этими элементами / активами.

Концепция цифрового завода включает в себя пять вид информации:

1. Строительство (**Construction -** C).
2. Функции (**Function -F**).
3. Производительность (**Performance - P**).
4. Местоположение (**Location - L**).
5. Бизнес (**Business - B**).

ISO 17506 определяет открытый стандарт для обмена цифровыми активами между различными приложениями графического программного обеспечения для геометрических представлений и кинетического моделирования.

Информационная модель **Core Manufacturing Simulation Data** (**CMSD**) была разработана **NIST** и стандартизована организацией по стандартизации **Simulation Interoperability Standards Organization** (**SISO**) для определения спецификации данных-интерфейса для эффективного обмена данными производства в течение жизненного цикла в среде моделирования.

PLC Open XML обеспечивает стандарты для представления программируемого логического контроля (**PLC**), включая последовательности действий, внутреннего поведения объектов и систем ввода / вывода (**IO**).

IEC 62337 определяет конкретные этапы и вехи в вводе в эксплуатацию электрооборудования, приборов и систем управления обрабатывающей промышленности. **IEC 61987** определяет стандарт для облегчения понимания измерения и контроля процесса описания оборудования при передаче из одной партии в другую.

Таблица 13. Информационные подели производственных систем и практические стандарты

MANUFACTURING RESOURCE AND PROCESS DOMAIN	
STANDARDS	**DESCRIPTION**
ISO 10303-214/221	**214: Core data for automotive mechanical design processes to represent a manufacturing system is a part of factory design** **221-Functional data and schematic representation of processes plants**
ISA 95	**Defines hierarchy models for manufacturing enterprise and function/activity/object models for Manufacturing Operations Management**
IEC 62424	**Provides neutral data format that allows storage of hierarchical plant object information**
ISO 18629	**Process Specification Language developed by NIST is a set of logic terms used to describe processes**

MANUFACTURING RESOURCE AND PROCESS DOMAIN	
STANDARDS	**DESCRIPTION**
IEC 62832	**Industrial-Process Measurement, Control and Automation – Reference Model for Representation of Production Facilities (Digital Factory)**
ISO 17506	**COLLADA – defines an open standard XML schema for exchanging digital assets among various graphics software applications**
PLC Open XLM	**The standard allows the representation of control logics for programmable Logic controllers based on XML technologies**
CMSD	**Core manufacturing Simulation**
IEC 62337	**Commissioning of electrical, instrumentation and control systems in the process industry – Specific phases and milestones**
ISO 15746	**Defines information models for advanced process control and optimization capabilities for manufacturing systems**
IEC 61987	**Industrial – process measurement and control – Data structures and elements in process equipment catalogues**
ISO 10303-225/227	**225 – Building elements using explicit shape representation** **227 – Plant spatial configuration**
ISO 16739	**Industry Foundation Class (IFC) – Building information modelling standard developed by building SMART (formed the international Alliance for Interoperability, IAI) to facilitate interoperability in the architecture, engineering and construction (AEC) industry**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ КАТЕГОРИИ

Производственная система инженерных стандартов может соединить инженерные инструменты из разных дисциплин, например, из системной инженерии, механической части заводской инженерии, электротехнического проектирования, технологических процессов, управления технологическими процессами проектирования, разработки человеко-машинного интерфейса (**HMI**), **PLC** программирования, и программирования для роботов.

В производственной системе инженерной категории, есть несколько важных стандартов, которые играют решающую роль в улучшении производственной системы инженерной эффективности, как показано в таблице **14.** В то время как большинство из этих стандартов служат для весьма специфических функций, два из них являются основными методами, которые лежат в основе значительной части работ в производственной системе современного машиностроения.

Systems Modeling Language (**SysML**) от **OMG** является языком информационного моделирования общего назначения для систем инженерных приложений. Он поддерживает процессы спецификации, анализа, проектирования, верификации и проверки достоверности широкого спектра систем и систем- систем (**SoS**), и особенно полезен для крупных проектов, таких как производственные системы. **Modelica** представляет собой объектно-ориентированный, декларативный, многодоменный (для многих областей применения) язык информационного моделирования.

Modelica широко используется в приложениях, информационном моделировании сложных физических систем и, в частности для моделирования механических, электрических, электронных, гидравлических и тепловых подсистем, контроля за электроэнергией или ориентированных на процессы подкомпонент производственных систем. В автоматизации инженерной области производственных систем, **IEC 61131** является широко принятым стандартом для программируемых контроллеров, в том числе требований к оборудованию и испытаниям, связи, функциональной безопасности, языков программирования, а также рекомендаций по их реализации. В частности, **IEC 61131-3** является наиболее широко принятым стандартом, определяющим языки программирования для **PLCs**, встроенных элементов управления и промышленных персональных компьютеров.

IEC 61499 является открытым стандартом для распределенных систем управления и автоматизации, на которых целые приложения могут быть построены из функциональных блоков (**FB**) с триггерами событий. Этот стандарт не был принят промышленностью, хотя этому в значительной мере пыталось способствовать академическое сообщество, так как он сегодня не обеспечивает прочную основу для следующего поколения систем промышленной автоматизации.

IEC 61804 определяет **FB** для управления технологическим процессом.

IEC 62714, **AutomationML**, соединяет между собой информационные инженерные инструменты из различных дисциплин, например, механической части заводской инженерии, электротехнического проектирования, технологических процессов, инженерного управления технологическими процессами, разработки **HMI**, **PLC** программирования, и программирования для роботов и т.д.

AutomationML включает в себя различные стандарты посредством строго типизированных связей через форматы, включая **CAEX** (**IEC 62424**) для свойств и отношений объектов в их иерархической структуре, **COLLADA** для режимов графических атрибутов и кинематики и **PLCopen XML** для логических элементов.

IEC также имеет набор стандартов для моделирования и настройки производственного оборудования, таких как **IEC 62453-2** для устройства спецификации интерфейсов полевых инстументов, и **IEC 61804-3** с указанием языка описания электронных устройств (**EDDL**). **ISO 18828** находится в стадии разработки **ISO TC184 / SC4** для стандартизированных процедур для производственной системной инженерии.

Для производственной инженерной практики, **IEC 61508** является международным стандартом для электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Он определяет требования для обеспечения того, чтобы системы были разработаны, реализованы, эксплуатировались и обслуживались на стандартах для уровней полноты безопасности (**SIL**).

IEC 61511 представляет собой технический стандарт, который определяет практику в области инженерных систем, обеспечивающих безопасность промышленного процесса за счет использования контрольно-измерительных приборов. Этот стандарт является специфицированным для процессов индустрии в конкретных рамках **IEC 61508**.

ISO 13849 содержит требования по технике безопасности и указания относительно принципов проектирования и интеграции частей, связанных с безопасностью систем управления, в том числе при разработке программного обеспечения.

Таблица 14: Стандарты производственной инженерной системы

STANDARD	DESCRIPTION
SysML	**Systems Modeling Language (SysML) dialect of the Unified Modeling Language (UML) for systems engineering applications owned by OMG.**
Modelica	**Modelica is a non-proprietary, object-oriented, equation based language to conveniently model complex physical systems containing managed by Modelica Association**
IEC 61131	**An IEC standard for programmable controllers.**
IEC 61499	**An open standard for distributed control and automation based on basic building blocks from which entire applications may be built.**
IEC 61804	**Function blocks (FB) for process control** **Part 2: Specification of FB concept** **Part 3: Electronic Device Description Language (EDDL)**
IEC 61508	**Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.**
IEC61511	**Safety instrumented systems for the process industry sector**
ISO 13849	**Safety of machinery – Safety-related parts of control systems**

STANDARD	DESCRIPTION
IEC 62714	Automation ML – Engineering data exchange format for use in industrial automation systems engineering
IEC 62453	Field device tool (FDT) interface specification
ISO 18828	Standardized procedure for production systems engineering in development

Стандарты управления данными в течение жизненного цикла производства, определяют общие информационные модели интеграции данных, совместного использования, обмена и передачи информационной эстафеты по этапам для поддержки жизненного цикла производственных мощностей.

Выбранный набор важных стандартов управления данными производства в течение жизненного цикла, приведен в таблице **15**.

Таблица 15. Стандарты управления данными производства в течение жизненного цикла

STANDARD	DESCRIPTION
ISO 10303-239	Product lifecycle support
ISO 15926	Industrial automation systems and integration – Integration of lifecycle data for process plants including oil and gas production facilities
ISO 16739	Industry Foundation Class (IFC) – Building information modeling standard developed to facilitate interoperability in the architecture, engineering and construction (AEC) industry
IEC 62890	Lifecycle management for systems and products used in industrial-process management, control and automation

Изучение информационного моделирования позволило практикам установить, что **ISO 10303 AP 239** (**PLCS**) имеет наибольший потенциал для моделирования производственной системы для ее жизненного цикла.

Тем не менее, необходимы рекомендации относительно того, как использовать **PLCS** для представления предметно-ориентированных объектов, таких как, например, обрабатывающие центры.

ISO 15926 является наиболее широко используемым стандартом управления данными производственного жизненного цикла перерабатывающей промышленности. **ISO 15926 -1** определяет структуру классов различных явлений или явлений, которые существуют во времени и пространстве в этой отрасли.

Благодаря общему характеру модели данных в **PLCS 15926**, стандарт **15926** определяет и модель эталонных.

ISO 16739 определяет общую модель данных для построения жизненного цикла поддержки, которые могут быть применены к производственным предприятиям. Развитие **IEC 62890** определяет стандарты для управления жизненным циклом для систем и продуктов, используемых в промышленных процессах измерения, контроля и автоматизации.

Стандарты **O&M** определяют обработку данных, связь и стандарты представления для мониторинга и диагностики состояния машин, для поддержания адекватной производительности систем, а также для поиска путей повышения производительности. Таблица **16** показывает выбранный набор стандартов **O & M**.

Таблица 16: Набор стандартов **O & M** производственных систем

STANDARD	DESCRIPTION
ISO 13374	**The standard establishes general guidelines for software specifications related to data processing, communication, and presentation of machine condition monitoring and diagnostic information.**
MIMOSA OSA-CBM	**The Open System Architecture for Condition-Based Maintenance (OSA-CBM) specification is a standard architecture for moving information in a condition-based maintenance system.**
MIMOSA OSA-EAI	**Open System Architecture for Enterprise Application Integration (OSA-EAI) specification provides an information exchange standard to allow sharing information between enterprise system and a relational database model to allow storage of the same asset information.**
ASME B5.59.2m	**Information Technology for Machine Tools Part2 – Data Specification for Properties of Machine Tools for Milling and Turning**

Стандарты поддержки производства **O & M** включают архитектуру открытых систем **MIMOSA Open Systems Architecture for Enterprise Application Integration** для интеграции корпоративных приложений (**OSA-EAI**) технических характеристик и состояний на основе технического обслуживания (**CBM**) технические характеристики, которые широко используются в нефтяной и газовой промышленности. **ISO 13374** также определяет обработку данных, связь и стандарты представления для мониторинга и диагностики состояния машин.

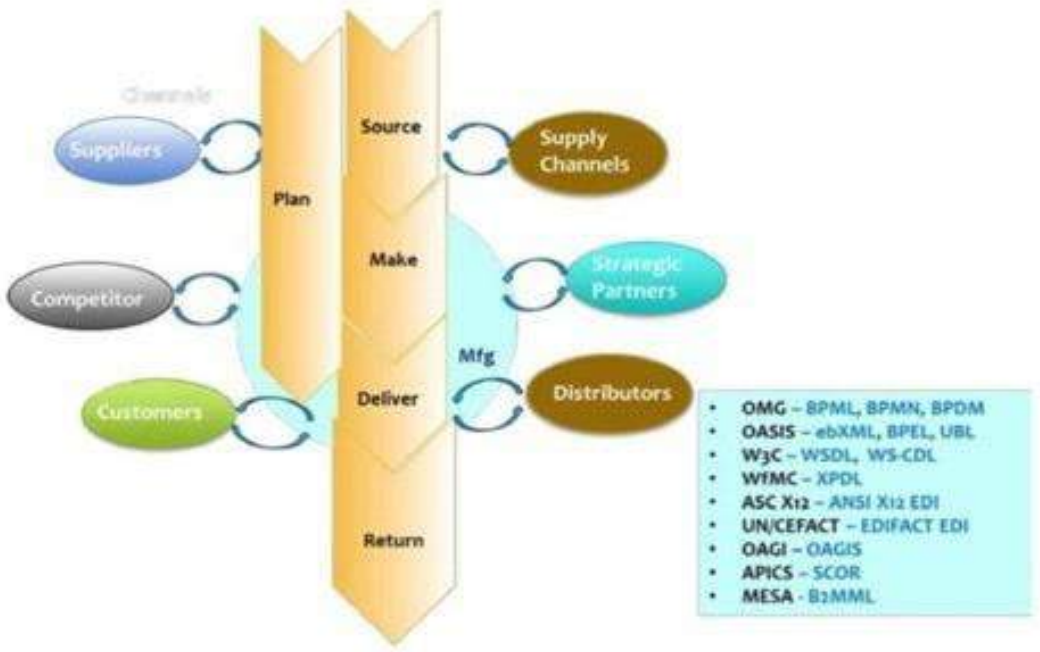
В будущих **ASME B5.59-2** будут рассмотрены производительность и возможности для станков в любой момент их жизненного цикла, например, во время спецификации, после тестирования приемке в эксплуатацию, или во время работы. **ASME B5.59-2** обращается только с информацией, относящейся к самому станку, и не включает в себя информацию, относящуюся к процессу.

БИЗНЕС-ЦИКЛ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК

Электронная коммерция имеет решающее значение сегодня для того, чтобы был осуществим любой вид бизнеса или коммерческой сделки, и всегда включает в себя обмен информацией между заинтересованными сторонами.

На рисунке **7** показан план цикла возврата для управления цепочкой поставок для производства.

Рис. 7. Стандарты для циклов цепочек поставок



Стандарты взаимодействия между производителями, поставщиками, клиентами, партнерами и даже конкурентами включают в себя общие стандарты информационного бизнес-моделирования (в таблице **17**), а также конкретные производственные стандарты информационного моделирования и стандарты соответствующих протоколов сообщений.

Таблица 17. Общие стандарты, используемые для моделирования и выполнения бизнес-процессов

SDO	STANDARDS	DESCRIPTION
OMG	BPMN	Business Process Modeling Notation – a standardized graphical notation for drawing business processes which also defines a metamodel and interchange format
	BPDM	Business Process Definition Metamodel – Provides abstract concepts to express business process models
WfMC	XPDL	XML Process Definition Language – business process models that addresses both the graphics and the semantics and can be executed, stored, and exchanged
OASIS	ebXML	Electronic Business XML – uses the Extensible Markup Language (XML) to standardize the secure exchange of business data
	BPEL	An orchestration language for specifying business process behavior based on Web Services; XML-based business process models that can be executed, stored, and exchanged
	UBL	A generic XML interchange format for business documents that can be customized to meet the requirements of particular industries
W3C	WSDL	WSDL is an XML format for describing network services as a set of endpoints operating on messages containing either document-oriented or procedure-oriented information
	WS-CDL	Web Services Choreography Description Language – describes interoperable, peer-to-peer collaborations between participants
ASC X12	ANSI X12	One of the most widely adopted Electronic Data Interchange (EDI) document standards developed by ANSI chartered the Accredited Standards Committee (ASC) X12
UN/CEFACT	EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport – and international EDI standard developed by the United Nations.
OAGi	OAGIS	XML based specifications for defining business messages, and for identifying business processes (scenarios) that allow businesses and business applications to communicate
APICS	SCOR	A supply chain framework, linking business processes, performance metrics, practices and people skills into a unified structure
MESA	B2MML	An XML implementation of the ANSI/ISA-95, Enterprise-Control System Integration

Эти стандарты являются ключом к повышению эффективности цепочек поставок и маневренности производства. Здесь выделяются три набора конкретных производственных стандартов критически важных для интеграции спецификаций: **APICS Supply Chain Operations Reference** (**SCOR**), **Open Applications Group Integration Specification** (**OAGIS**), и **MESA**.

SCOR представляет собой процесс эталонного информационного моделирования цепочки поставок Совета **Supply Chain Council** (**SCC**) (ныне часть **APICS**) и является стандартом де-факто, который идентифицирует и продвигает лучшие практики в области управления и функционирования цепочек поставок в деятельности многих отраслей промышленности. **SCOR** является инструментом управления, охватывающий цепочку поставок от поставщиков до поставщиков и от поставщиков до клиентов заказчика.

Модель описывает бизнес-деятельность, связанную со всеми этапами удовлетворения требований заказчика. Модель использует подход, основанный на трех основных принципах: моделирование процессов и реинжениринга, измерения производительности и передового опыта. Модель **SCOR** является текстовой в своей основе и, следовательно, непосредственно не пригодна для автоматизации.

OAGIS включает в себя набор инженерных и спецификаций бизнес сообщений под названием **Business Object Documents** (**Bods**), которые определяют общие модели контента и сообщений для обмена данными между бизнес-приложениями. **OAGIS** также предлагает руководства для их реализации.

Содержание **OAGIS** охватывает многие отрасли и функции, в том числе электронной коммерции, производства, логистики, управления взаимоотношениями с клиентами и планирования ресурсов предприятия (**ERP**). Он включает в себя не только определенные форматы для распространенных типов сообщений, используемых в производственных областях, но и механизмы для расширения и применения стандартов для конкретных нужд.

Стандарт может служить в качестве определения строительных блоков для индивидуальных обменов данными. МЕЗА **B2MML** является хорошо принятой в реализации информационной моделью данных **ISA-95**. Она облегчает интеграцию систем управления цепочками поставок с **ERP** и с производственными системами, такими как системы управления и **MES**.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПИРАМИДА

Производственная Пирамида является ядром экосистемы **SM**, где жизненный цикл продукции, жизненный цикл производства, и бизнес-циклы сходятся и взаимодействуют между собой.

В смарт-операциях, поведение автономных и интеллектуальных машин, в том числе их самосознание, мышление и планирование, и самокоррекция являются ключевыми, но информация о результатах такого поведения должна перемещаться вверх и вниз по производственной пирамиде.

Эта информационная интеграция с машинами для внедрения в корпоративных системах является жизненно важной и критически зависит от стандартов.

Стандарты с интеграцией и поддержкой **SM** позволяют:

1. Осуществить доступ к полевым производственным данным и для принятия быстрых решений и оптимизации пропускной способности самого производства и качества его работы.
2. Собрать точные показатели использования энергии и материалов.
3. Добиться улучшение безопасности и повышения устойчивости производства.

На рисунке **8**, мы разделим стандарты интеграции, основанные на иерархии **ISA 95**, которые также были включены в **ISO / IEC 62264 ISA 95** является широко используемой эталонной моделью для разработки автоматизированных интерфейсов между системами предприятия и управления. Этот стандарт был разработан для мировых производителей и предназначены для применения во всех отраслях промышленности как для дискретных так для и непрерывных процессов.

Рис. 8. Производственная пирамида от сбора объективных данных с поля до **ERP**

A. Уровень предприятия

ISO 15704 определяет требования к базовым корпоративным архитектурам и методологию. Стандарты **ISO 19439** и **19440**, перечисленные на рисунке **8** определяют рамки и характеристики основных конструкций и информационных моделей, необходимых для деятельности на уровне предприятий.

ISO 20140 устанавливает обзор и общие принципы метода для оценки экологического воздействия производственных систем. **OMG** модель бизнес- процессов **Business Process Model Notation** (**BPMN**) представляет собой графическое представление и часто используется для определения процессов в информационной модели бизнес-процесса производства. Предсказательные информационные модели на базе языка **Markup Language** (**PMML**), разработанные Группой **Data Mining Group** (**DMG**) представляют собой формат для определения статистических и информационных моделей данных интеллектуального анализа данных. **PMML** может быть также адаптировна на уровне **MOM**. Стандарт информационных моделей и нотаций **Decision Model and Notation** (**DMN**) разрабатывается **OMG**, чтобы ликвидировать разрыв между бизнес-решениями проектирования и дизайна и реализацией этих решений. **OAGIS** определяет общую информационную модель содержания для интеграции корпоративных приложений.

B. Уровень MOM

Уровень **MOM**: Управление операциями производства, или **MOM**, относится к приложениям, которые контролируют операции на уровне завода или фабрики. В таблице **19** приведены некоторые важные стандарты уровня **MOM**.

IEC 62264 является международным стандартом для интеграции системы управления предприятием и основан на **ISA 95. IEC 62264** определяет информационные модели деятельности, функциональные модели и модели объектов в домене **MOM**.

Business to Manufacturing Markup Language (**B2MML**), опубликованный **MESA**, является реализацией **IEC 62264** для связи систем **ERP** и управления цепочками поставок (**SCM**) с производственными системами, такими как **Manufacturing Execution Systems** (**MES**).

ISO 22400 определяет ключевые показатели эффективности (**KPI**), используемые в управлении операциями производства.

QIF представляет собой набор стандартов, позволяющих циркулировать информации в рамках систем измерения качества автоматизированных систем. **PMML** от **DMG** может быть применен на этом уровне для поддержки функций **MOM**.

C. SCADA и уровень устройств

SCADA и уровень устройств: стандарты уровня **SCAD** (диспетчерского управления и сбора данных) и стандарты на уровне устройств приведены на рисунке **8** и рассматриваются как стандарты в цехах. Если раньше эти уровни были еще различны, то сейчас это только различие по времени и безопасности для критически важных мероприятий и не критичной ко времени деятельности.

На уровне предприятия это, как правило, организованная иерархия систем управления, состоящих из **HMI**, **PLC**, и полевых компонент, таких как датчики и исполнительные устройства. **PLCs**, как правило, подключены к **HMI** через не критичные ко времени коммуникационные системы, такие как **Ethernet/IP**, **DeviceNet**, **ControlNet**, **PROFINET** и **EtherCAT**.

Полевые шины, такие как **PROFIBUS**, **CAN** шины, **HART** и **Modbus**, связывает **PLCs** с полевыми компонентами. Последовательный коммуникационный протокол, **Modbus** также часто используется для подключения компьютера-супервизора с удаленного терминала (**RTU**) в **SCADA** системах.

В то время как регуляция профилей связи в режиме реального времени **Ethernet** на основе протоколов, таких как **EtherCAT**, **PROFINET** и **Ethernet/IP** охватываются действием **IEC 61874**, полевые шины, такие как **Foundation Fieldbus** и **PROFIBUS** указаны в МЭК **61158**.

В дополнение к протоколам связи, описанным выше, существует несколько важных стандартов интеграции, связывающих контрольные функции до уровня **MES** и систем уровня предприятия, такие как **OPC** и **OPC UA** (**Unified Architecture**), **MTConnect**, **PackML** и **BatchML**.

OPC UA представляет собой промышленный протокол связи машина-машина на базе сервис-ориентированной архитектуры (**SOA**). Кроме того, **OPC UA** обеспечивает гибкую структуру информационной модели для создания и раскрытия кастомизированной информации настроенной стандартным образом, в тех случаях, когда пользователи **OPC UA** согласились с настройками.

Некоторые из этих настроек содержатся в стандартах компаний для разные областей применения, например, **OPC UA** для **ISA 95**, **OPC UA** для **Field Device Integration** (**FDI**), **OPC UA** для **Analyzer Devices** (**ADI**) и **OPC UA** для **PLCopen** (**IEC 61131-3**).

MTConnect используется для доступа к данным в реальном времени от цехового производственного оборудования, таких как, например, станки. **ISA 88** является стандартом для перерабатывающей промышленности и определяет физические модели, процедуры и рецепты. Он был принят МЭК в МЭК **61512**. **PackML** является стандартом, который используется в перерабатывающей промышленности как часть **ISA 88** стандартов. **BatchML** является реализацией **ISA 88** для связи систем управления для **MES**. Стандарты, поддерживающие системы производственного цеха на этом уровне представлены в таблице **18**.

Таблица 18. Стандарты уровня **SCADA** и стандарты уровня устройств

STANDARDS	DESCRIPTION
IEC 61512	ISA-88 – defines terminology, reference models, data models (including recipe model) for batch control as used in the process industries
BatchML	BatchML is an XML implementation of the ISA-88
PackML	Packaging Machine Language defines a common approach, or machine language, for automated machines. PackML was adopted as part of the ISA88 industry standard in August 2008
IEC 62541	OPC Unified Architecture – an industrial M2M communication protocol for interoperability developed by the OPC Foundation
IEC 61158	The standard specifies industrial communication networks – Fieldbus including ControlNet and Profibus
IEC 61784	This standard defines a set of protocol specific communication profiles based on the IEC 61158 series and real-time ethernet communication profiles to be used in the design of devices involved in communications in factory manufacturing and process control
ISO 11898	Controller Area network (CAN) – a serial communication protocol that supports distributed real-time control and multiplexing for use within road vehicles

STANDARDS	DESCRIPTION
IEC 62591	The standard specifies Wireless communication network and communication profiles – WirelessHART
MTConnect	MTConnect is a lightweight, open, and extensible protocol designed for the exchange of data from shop floor equipment to software applications used for monitoring and data analysis
IEC/PAS 62030	Modbus is a de facto standard providing serial communications protocol to connect industrial electronic devices; Modbus is often used to connect a supervisory computer with a remote terminal unit (RTU)/PLC in supervisory control and data acquisition (SCADA) systems
MQTT	An extremely lightweight publish/subscribe messaging transport for connections with remote locations where a small code footprint is required and/or network bandwidth is at a premium

D. Перекрестные уровни

Перекрестные уровни: несколько стандартов пересекают все уровни и определяют системы безопасности производства, процессы управления качеством, управление энергопотреблением и управлением защиты окружающей среды.

В таблице **19** перечислены несколько производственных стандартов кросс-уровня. **ISA / IEC-62443**, ранее **ISA 99**, представляет собой серию стандартов, технических отчетов, а также связанной с ними информации, которая определяет процедуры для осуществления их в электронном виде обеспечения промышленной автоматизации и систем управления.

Таблица 19. Стандарты, которые используются на всех уровнях производственной пирамиды

STANDARDS	DESCRIPTION
IEC 62443 (ISA 99)	IEC-62443 defines procedures for implementing electronically secure Industrial Automation and Control Systems (IACS)
ISO 9000	ISO 9000 is a quality management standard that presents guidelines intended to increase business efficiency and customer satisfaction
ISO 50001	The standard specifies the requirements for establishing, implementing, maintaining and improving an energy management system, to improve organizations energy performance, including energy efficiency, energy security, energy use and consumption
ISO 14000	The ISO 14000 family of standards provides practical tools for companies and organizations of all kinds looking to manage their environmental responsibilities

Концепция производства и электронных систем контроля безопасности применяется в самом широком смысле, охватывающем все виды производств, объектов и систем во всех отраслях промышленности.

Семейство стандартов **ISO 9000** систем качества менеджмента разработано, чтобы помочь производителям гарантировать, что они отвечают потребностям клиентов и других заинтересованных сторон при соблюдении законодательных и нормативных требований, связанных с их продуктом.

ISO 50001 определяет требования для создания, внедрения, поддержания и совершенствования систем управления энергопотреблением для производственного бизнеса.

ISO 14000 представляет собой серию стандартов экологического менеджмента, содержащих рекомендации о том, как систематизировать и повысить эффективность усилий по управлению защитой окружающей среды.

РОЛЬ СТАНДАРТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Стандарты играют большую роль в обеспечении экономического роста во всем мире. Грубо говоря, **80%** мировой торговли товарами зависит от стандартов и нормативно-правовых актов, которые воплощаются стандартами.

В Соединенных Штатах, экономическое влияние стандартов, к примеру, не отслеживается. На сегодняшний день известно, что только в Великобритании это делается достаточно давно и регулярно.

На основе исследования в Великобритании, опубликованном уже в **2005** г. (есть и более поздние, но специально приводим более раннее) поименованного как Эмпирическая Экономика стандартов, стандарты делали уже тогда ежегодный взнос в размере **2,5** млрд. в экономику Великобритании и **13%** роста производительности труда объясняется ролью стандартов.

Сегодня в цифровой экономике Великобритании стандартизация информационных моделей разного вида одна из центральных тем, а вклад стандартизации в экономику невероятно вырос на цифровом ее этапе.

Изучение экономических преимуществ стандартизации, проведенных немецким институтом стандартизации (**DIN**) и Федеральным министерством экономики и технологий в **1997-2000** на основе **700** компаний нашло пользу стандартов для национальной экономики больше, чем на **$15** млрд. в год, но это было только разовое исследование страны, которая одна их лидеров мира промышленности.

Они, как и британцы, также обнаружили, что компании, которые участвуют в разработке стандартов, имеют фору по отношению к своим конкурентам в адаптации к требованиям рынка и новым технологиям.

Однако, пользуясь совершенно оправданным методом аналогий уже проведенной цифровой трансформации аналоговой строительной индустрии в цифровую, широко известной как информационное моделирование зданий или **BIM** можно привести только две цифры — **30%** сокращения стоимости изделия (здания) и **50%** сокращения времени создания изделия (здания).

Неудивительно, что трансформация строительной отрасли очень быстро переросла в Великобритании в тотальное применение информационного моделирования как базы цифровой экономики, дополняемой многими инновациями и в первую голову интернетом вещей.

Расчеты показывают, что это только совсем верхняя часть айсберга экономии за счет внедрения информационных моделей и технологий и оценка сокращения стоимости в строительстве может достигать **75%** от аналоговой. Как обычно мы отсылаем читателя к уже опубликованным работам на эту тему.

Не менее впечатляют и расчетные показатели цифровой трансформации железной дороги в цифровую железную дорогу. Это увеличение пропускной способности железной дороги на **40%** и снижение стоимости перевозок на **30%**.

Как и в случае **BIM**, это только гарантированный результат первого этапа трансформации. При этом время таких трансформаций фантастически мало по сравнению с тем, что было ранее известно при одновременном достижении целой группы (а не одного результата). Читатель может также свободно ознакомится с этими работами по цифровой железной дороге и роли в этой трансформации стандартов и информационных моделей в работах.

Очень важно отметить еще раз и другое: многое в эти трансформации из информационных технологий пришло из промышленности и многое - из достигнутого в этих цифровых трансформациях, когда готовые компоненты включаются в процесс цифровой трансформации промышленности.

Для производств, основанных на применении цифровых технологий, уже мало подходят старые здания заводов и фабрик. Для них уже строятся новые по технологиям **BIM**. **BIM** уже стал одним из оснований производственной пирамиды и частью интегрированных информационных технологий (информационного моделирования) в новой парадигме производства. Второй пример с цифровой трансформацией железной дороги очень показателен для демонстрации изменений в производственной парадигме при цифровой трансформации — потребовался новый или глубоко модернизированный промышленно подвижной состав, перестройка и переоснащение новой промышленной продукцией вокзалов, станций, грузовых терминалов, ремонтных депо и всей инфраструктуры железных дорог.

Так информационные трансформации резко подстегиваю изменения в самой промышленности и ее цифровую трансформацию и изменение производственных парадигм за счет невероятной прибыльности и быстрой реализации правильно рассчитанных и осуществленных проектов информационно моделирования и внедрения на их базе новых информационных технологий и в первую голову интернета вещей. Так очень быстро раскручивается спираль преобразований в цифровой экономике.

Именно поэтому информационные по сути своей стандарты являются ключевыми компонентами для изменений сегодня парадигм производства и не только, собственно, его, а всего уклада экономической жизни. Они обеспечивают ту основу, на которой можно объединить специализированные знания для создания высокоэффективных систем производства. Общая сумма усилий по такой стандартизации в области производства огромна. Стандарты содержат определения данных, детальные информационные модели и информационные отношения, а также протоколы интерфейсов для всех трех жизненных циклов.

Они поддерживают конструкции изделий и управление, проектирование производственных систем, а также интеграцию цепей добавочной стоимости бизнеса. Это является основой, на которой информация может проходить через уровни производственного контроля, а также между партнерами в производственном предприятии, в том числе, через различных поставщиков программного обеспечения и поставщиков устройств, которые принимают участие, предоставляя свой опыт для этих систем в виде коммерческих продуктов. Именно это служит основой развития программирования и электроники. Стандарты позволяют четкое разделение задач между участниками, эффективно снижают затраты при одновременном повышении надежности и эффективности.

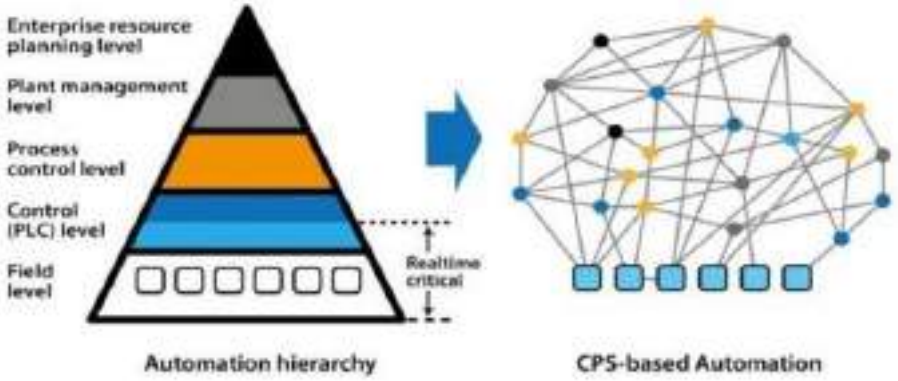
Через несколько жизненных циклов в некоторых отраслях промышленности стандарты становятся более зрелыми, чем в других. В дискретном производстве, которое характеризуется отдельными частями, из которых собраны конечные продукты, стандарты вдоль всего жизненного цикла продукта достаточно хорошо позиционируются для поддержки **Smart Manufacturing**. В мире непрерывного производства, однако, стандарты не установлены, а также пока их нет готовыми для управления данными процессов производства. Системы производственных инженерных стандартов более разнообразны и обычно могут быть применены в обеих категориях производства. В рамках производственной пирамиды, стандарты связи, хорошо известны, но возможность взаимодействия между системами несколько ограничены, а это означает, что производители, как правило, фиксируются в единое решение поставщика комплексного решения.

ВОЗМОЖНОСТИ СТАНДАРТОВ ДЛЯ SMART MANUFACTURING

Большинство стандартов для производств, созданные за последние **30** лет уже достигли высокой степени зрелости; Тем не менее для того, чтобы функционировала **SMS**, разработка дополнительных стандартов необходима. Мы определяем несколько областей в экосистеме **SMS**, где стандарты могут быть расширены или где должны быть разработаны новые стандарты, и мы отождествляем некоторые новые инициативы, направленные на **SMS**, которые будут стимулировать развитие как **SMS**-технологий, так и стандартов.

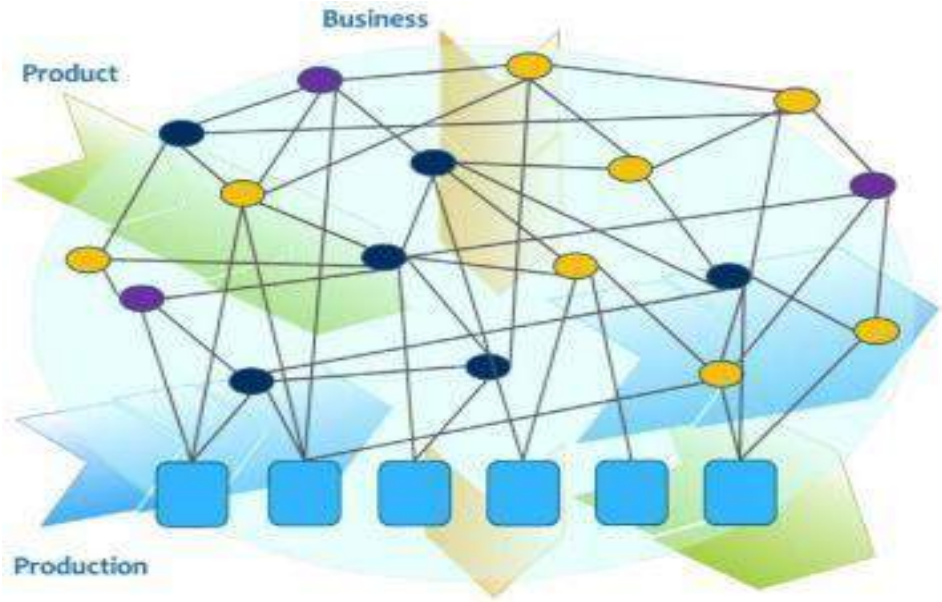
Полная реализация возможностей **SMS** потребует замены классической системы изготовления архитектурной парадигмы, основанной на иерархической модели управления. На рисунке **9** показана новая парадигма, основанная на распределенных производственных услугах, которая также называется Киберфизические системы производства **Cyber Physical Production Systems** (**CPPS**).

Рис. 9 Разложение иерархии автоматизации с распределенными услугами и сервисами



Сдвиг парадигмы стал возможным благодаря внедрению доступных интеллектуальных устройств в виде сервисов в сети, встроенного интеллекта на каждом уровне, прогнозирующей аналитики, которые позволяют осуществлять реагирующее управление и облачных технологии, которые позволяют виртуализировать управление и инженерные функции на всех уровнях иерархии. С этими доступными возможностями, широкое распространение автоматизации иерархических уровней с использованием новых подходов для управления является реальной возможностью.

Рис. 10. Сервис ориентированная экосистема умного производства (**Smart Manufacturing**)



A. Сервис-ориентированная парадигма

Новая сервис-ориентированная парадигма, в конечном счете, превращает смарт-производственную экосистему в полностью соединенную и интегрированную систему, показанную на рисунке **10.** Все производственные функции по трем параметрам, так и в производственной пирамиде можно виртуализировать и разместить в качестве услуг, за исключением тех, которые критичны ко времени и функциям производственной безопасности, критически важные из которых остаются на уровне цеха.

Смарт-производственной экосистемы. Области, которые нуждаются в поддержке новых стандартов включают эталонную архитектуру, кибер-безопасность, заводские сети, интеграцию цепочек поставок, а также передачу данных от заводского цеха до уровня предприятия. В таблице **20** перечислены возможности этих стандартов, а также типы возможностей, которые они поддерживают.

Специфические, новые или улучшенные стандарты в этой области улучшат возможности, связанные **agility** (A), качеством (**quality-Q**), производительностью (**productivity-P**) и устойчивостью (**sustainability-S**).

Первый столбец является областью возможностей для новых стандартов. Вторая колонка показывает, где стандарты влияют на **SM** Экосистему жизненного цикла продукта **Product Lifecycle** (**PL**), систему жизненного цикла производства (**PSL**), бизнес-циклы (**BC**) и смарт- пирамиды производства (**SPP**). Третья колонка показывает, как выглядит карта стандартов с возможностями **SMS.** Обратите внимание, что мы представляем это не как полный перечень, а, скорее, в качестве отправной точкой для исследования и обсуждения инфраструктуры **SM** стандартов.

Как показано в таблице **20**, эталонная архитектура высокого уровня для **SMS**, включает, в том числе, функциональные модели и архитектурные определения, необходимость внутренней интегрировать функции как внутри предприятия, так и в рамках расширенного предприятия, в том числе между поставщиками и клиентами. Эти модели будут служить основой для динамических возможностей производства и настройки конечных продуктов.

Таблица 20. Возможности **SM** стандартов для функционала **SM**

Standards Opportunity	ECO SYSTEMS DIMENSION				CAPABILITY SUPPORTED			
	Product Lifecycle	Production Lifecycle	Business Cycle	Mfg Pyramid	Agility	Productivity	Quality	Sustainability
Cyber Security	x	x	x	x	x	x	x	
SMS Reference Model and Reference Architecture	x	x	x	x	x	x	x	x
CPPS Reference Architecture		x		x	x		x	x
Smart Device Information Model		x		x	x	x		
Intelligent Machine Communication Standards				x	x	x	x	x
Human Machine Interface		x		x	x	x	x	
PLM/MES Integration	x	x		x	x	x	x	x
Cloud Manufacturing	x	x	x	x	x	x		
Manufacturing Sustainability	x	x	x	x				x

B Информационные модели

Информационные модели, представляющие интеллектуальные устройства в цехах и производственные услуги необходимы также для повышения производительности и гибкости за счет поддержки реконфигурации оборудования, а также чтобы позволить более оптимальную поддержку работоспособности. Референтная архитектура для **CPPS** позволит осуществлять развитие производственных модулей, включающих интеллектуальные устройства. Поскольку эти системы систем (**SoS**) уже доступны, стандарты интеллектуальной связи машин вместе с архитектурной основой позволяют автоматизировать управления системного уровня и добиться прозрачности данных от самых низких уровней производства до более высоких уровней управления.

Это увеличение возможностей автоматизации приносит потребность в новых типах интерфейсов для людей, чтобы взаимодействовать с машинами. Большая часть данных о производительности отдельных машин может быть представлена людям через инструментальные панели, которые также дают возможность прямого контроля. Кроме того, необходимы инструментальные панели для контроля и управления общей системной производительностью. Оптимизация этих интерфейсов является областью активных исследований, и связанные с ним стандарты должны соответствующим образом этому следовать. В **ISA** сформирован комитет **HMI**, чтобы разрабатывать стандарты, рекомендовать практики, а также технологические применения.

Кроме того, для проектирования производственной системы, оперативные данные производства необходимы для создания новых конструкций и более лучших планов процессов быстрее. Для управления жизненным циклом продукта, **AMP 2.0** рекомендует иметь онтологию данных и фактов,

которые собираются, хранятся, визуализируются, ищутся, и совместно используются как статические, так и динамические данные, как по всему жизненному циклу продукта, так и через цепочки поставок. Разработка такого стандарта позволит большую маневренность в цепочке поставок и повторное использование дизайна и проектов продукции для быстрой модернизации.

Данные жизненного цикла изделия в сочетании с данными от производственных процессов могут позволить дополнительные анализы самих процессов, что приводит к улучшению процесса с точки зрения производительности, устойчивости и качества. Например, анализ эксплуатационных характеристик продукта в его области иногда может выявить проблемы с качеством производства. Одно из видений для **SMS** является то, что сами продукты могут содержать историю о том, как, когда и где они были изготовлены.

Институт **MTConnect** начинает создавать стандарты деятельности, которые позволят реализовать этот тип прослеживаемости. Технологии и стандарты для больших объемов данных и создания облаков позволят делать много типов расширенного анализа и других функций, которые будут предоставляться на основе услуг, тем самым, делая их более доступными для производителей.

C. Стандарты, связанные с оценкой устойчивости

Стандарты, связанные с оценкой устойчивости для систем производства развиваются по каждому из аспектов, описанных выше. Текущая практика для оценки устойчивости для производства следовать методологии оценки жизненного цикла (**LCA**), стандартизированной в серии **ISO 14000** по охране окружающей среды.

Эти стандарты действуют с точки зрения управления и используют нисходящий подход к оценке устойчивости к воздействию различных процессов, участвующих в производстве товаров. В **SMS**, мы предполагаем более точные меры устойчивости к воздействию каждого из производственных процессов на основе оперативных данных для каждого процесса.

Эти меры позволят делать более точный учет воздействия индивидуальных решений на каждом производственном объекте. Тем не менее, многие проблемы будут существовать, так как оценки устойчивости, по самой своей природе, должны учитывать компромиссы между многими критериями. То, как эти данные могут быть использованы по каждой из размерностей экосистемы **SMS**, и как устойчивость от воздействия распределяется на различные аспекты производства и продукта, является грандиозной задачей для оценки устойчивости.

Стандарты необходимы для обеспечения недвусмысленных и сопоставимых данных для поддержки этого процесса принятия решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ИсследованиЕ **acatech**, *Индекс зрелости Индустрии **4.0** Управление цифровым преобразованием компаний*, Гюнтер Шу, Рейнер Андерл, Юрген Гауземайер, Михаель тен Хомпель, Вольфганг Вальстер (и др.);
2. Тарасов И. В., *Подходы к формированию стратегической программы цифровой трансформации предприятия // Стратегические*
3. *решения и риск-менеджмент*. **2019.** Т. **10.** № **2.** С. **182–191 doi: 10.17747/2618-947X-2019-2-182-191;**
4. О.Ю. Сергеева, Р.Г. Шарафиев, Г.Ф. Исламгулова Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация, *ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ **XXI** ВЕКА*, УДК **65.011.56;**
5. О.Ю. Сергеева, Р.Г. Шарафиев, Г.Ф. Исламгулова Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация, ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ **XXI** ВЕКА, УДК **65.011.56;**
6. Сергеева О.Ю. Киберфизические системы как технологии субсидиарного управления // Нанотехнологии в строительстве. **2018.** Т. **10.** № **3.** С. **94-106. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-3-94-106;**
7. **Kagermann H., Lukas W., Wahlster W. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution // Ingenieur.de. 01.04.2011. URL: http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/ WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html** (дата обращения: **14.11.2019**);
8. **Plattform Industrie 4.0. URL: http://www.plattform-i40.de /I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html** (дата обращения: **15.11.2019**);
9. **Plattform Industrie 4.0. Digital Transformation «Made in Germany». URL: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/201627/10__pi40_diemer_16494.pdf** (дата обращения: **15.11.2019**);
10. Сергеева О.Ю. «Индустрия **4.0**» как механизм формирования «Умного производства» // Нанотехнологии в строительстве. **2018.** Т. **10.** № **2.** С. **100-113. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-2-100-113;**
11. Кузнецов Д.А., Чернышев М.А., Овчинников В.А. Интеграция индустрии **4.0** в промышленность // Интеллектуальный потенциал **XXI** века: ступени познания. **2016.** № **35.**
12. Чуранов С. Российский путь в цифровое производство, или как мы создаем свою «Индустрию **4.0**» / **ItWeek. 27.01.2017. URL: https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=191897** (дата обращения: **16.11.2019**);
13. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: Альянс Принт, **2019;**
14. Цветков В.Я. Киберфизические системы // **International Journal of Applied and Fundamental Research. 2017.** № **6;**
15. Черняк Л.С. Киберфизические системы на старте // Открытые системы СУБД. **2014.** № **2;**
16. Куприяновский В.П., Добрынин А.П., Синягов С.А., Намиот Д.Е., Уткин Н.А. Трансформация промышленности в цифровой экономике – экосистема и жизненный цикл // **International Journal of Open Information Technologies. 2017;**

17. Шу Г., Андерл Р., Гауземайер Ю., тен Хомпель М., Вальстер В. Индекс зрелости Индустрии 4.0 - Управление цифровым преобразованием компаний. Мюнхен: Herbert Utz Verlag, 2017;

18. Шарафиев Р.Г., Сергеева О.Ю. Цифровой нефтеперерабатывающий завод на основе концептуального подхода «индустрия 4.0» // Евразийский юридический журнал. 2019. № 10;

19. Сергеева О.Ю., Сафиуллина М.А., Гарифуллина К.Р., Фисун А.Э., Хисматуллина А.М. Цифровая трансформация бизнеса // Евразийский юридический журнал. 2019. № 11;

20. Ястреб Н.А. Индустрия 4.0: киберфизические системы и интернет вещей // Человек в технической среде: сб. науч. ст. Вологда: ВоГУ, 2015. С. 136-141;

21. Антон Коробенков, Цифровая система управления производством - важный шаг к «Индустрии 4.0», Технологии в электронной промышленности, № 7'2016;

22. Отчеты и материалы АО «Казахстанский центр индустрии и экспорта «QazIndustry»;

23. Загорная Т.О., Панова В.Л., СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ, Макеевский экономико-гуманитарный институт;

24. Автоматизация бизнес-процессов как необходимое условие эффективности компании Оригинал статьи: https://www.kp.ru/guide/avtomatizatsija-biznesa.html.

АО «КАЗАХСТАНСКИЙ ЦЕНТР ИНДУСТРИИ И ЭКСПОРТА «QAZINDUSTRY»