ПОЛИТЕХ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Технет Национальная технологическая инициатива

ЦИФРОВОЙ ИНЖИНИРИНГ ПИШ СПбПУ

НЦМУ ПЕРЕДОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОЛИТЕХ Центр Национальной технологической инициативы Новые производственные технологии

CML CompMechLab ЦЕНТР КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА СПбПУ

АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ (MES-СИСТЕМ) В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНЕТ» НТИ

Экспертно-аналитический доклад

АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ (MES-СИСТЕМ) В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНЕТ» НТИ

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Монография

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2024

ББК 32.972
А64

Рецензенты:
Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор,
профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
И. Л. Туккель
Доктор технических наук, доцент,
исполняющий обязанности ректора Тюменского индустриального университета
Ю. С. Клочков

Авторы:
А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова, И. И. Поняева, А. Х. Кайданова, Е. П. Чхеидзе,
А. А. Старостенко, П. С. Распопина, А. С. Голякевич, С. А. Чварков, Н. М. Луковникова, И. Б. Андреев,
А. О. Ольховик, П. А. Джелали, К. В. Кукушкин, В. П. Шкодырев, В. Н. Хохловский, Е. А. Башкирова,
А. Диб, П. Жан-Зуауи, И. А. Скогликов, И. В. Бевз, Д. Я. Чавелипарамбил

Анализ рынка систем управления производством (MES-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад : монография / А. И. Боровков [и др.] ; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 208 с.

В отчете представлены результаты аналитических исследований рынка систем управления производством (Manufacturing Execution System, MES) в рамках направления «Технет» НТИ. Представлен анализ мирового и российского рынков, а именно емкость рынков и темпы роста, характеристики основных игроков и их доли на рынке. Для мирового рынка подробно рассмотрены географические сегменты и факторы развития. Исследованы технологические тенденции развития мирового и российского рынка: рассмотрены перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в MES-системах, рыночные кейсы, а также представлен обзор ключевых научных разработок в РФ по результатам интеллектуальной деятельности. Проведен анализ обновлений функциональных возможностей зарубежных и российских MES-систем, релиз которых состоялся в 2024 году. Подробно рассмотрены слияния и поглощения разработчиков MES-систем в мире по состоянию на конец 2024 года, проекты кооперации российских разработчиков и планы по развитию систем в России. Рассмотрены новые крупные проекты в области MES-систем в России и мире. Проведен анализ нормативно-правового регулирования в России, в том числе государственных программ поддержки по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Представлены ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке и необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем. Проведен анализ MES-систем в соответствии с направлениями развития технологий в 2024 году: проанализированы подсистемы предиктивной аналитики, подсистемы многокритериальной оптимизации, а также разработаны предложения для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований. Проведенная работа дает целостное представление о развитии современного рынка систем управления производством (MES-систем).

Подготовлен Инфраструктурным центром «Технет» (передовые производственные технологии) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

© Боровков А. И., научное редактирование, 2024
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2024

ISBN 978-5-7422-8875-6

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ТАБЛИЦ 6
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 7
ВВЕДЕНИЕ 11
Глава 1. Анализ мирового и российского рынка 13
1.1. Анализ мирового рынка 13
1.1.1. Емкость рынка, темпы роста рынка 13
1.1.2. Характеристики основных игроков и их доли на рынке 14
1.1.3. Географические сегменты рынка 20
1.1.4. Факторы развития мирового рынка 21
1.2. Анализ российского рынка 24
1.2.1. Емкость рынка, темпы роста рынка 24
1.2.2. Характеристики основных игроков 25
Глава 2. Технологические тенденции развития мирового и российского рынка 30
2.1. Технологические тренды развития систем. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы (примеры) 30
2.1.1. Искусственный интеллект 33
2.1.2. Квантовые технологии 34
2.1.3. Современные и перспективные сети мобильной связи 35
2.1.4. Технологии виртуальной и дополненной реальности 36
2.1.5. Технологии распределенного реестра 37
2.1.6. Технологии больших данных 37
2.1.7. Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы 38
2.1.8. Общие выводы 39
2.2. Обзор ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД). Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД 40
2.2.1. Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024 40
2.2.2. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД 41
Глава 3. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей систем MES в 2024 г. (за период до конца 2024 г.) 48
3.1. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей зарубежных систем в 2024 г. 48
3.2. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей российских систем в 2024 г. 59

3.3. Заключение о тенденциях и приоритетах развития зарубежных и отечественных систем в 2024 г. 66

Глава 4. Анализ инвестиций, сделок M&A и проектов кооперации в России и в мире 68

4.1. Слияния и поглощения разработчиков MES-систем в мире по состоянию на конец 2024 г. 68

4.2. Проекты кооперации российских разработчиков 73

4.3. Планы по развитию MES-систем в России 76

Глава 5. Обзор новых крупных проектов в России и в мире 77

5.1. Проекты в России 77

5.2. Проекты за рубежом 81

Глава 6. Нормативно-правовое регулирование в России, в т.ч. анализ государственных программ поддержки по НИРам и НИОКРам 85

6.1. Анализ нормативно-правовой базы регулирования в России 85

6.2. Анализ государственных мер поддержки, в т.ч. по НИРам и НИОКРам, сведения о значимых поддержанных проектах 97

Глава 7. Барьеры и риски, присутствующие на российском рынке 115

7.1. Ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке 115

7.2. Необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем 118

Глава 8. Анализ в соответствии с направлениями развития технологий 2024: MES-технологии в разрабатываемых аппаратно-программных КФС 120

8.1. Анализ подсистемы предиктивной аналитики 127

8.2. Анализ подсистемы многокритериальной оптимизации 139

8.3. Разработка предложений для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований 143

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 155

Приложение 1. Перечень российских MES-систем 157

ГЛОССАРИЙ 181

БИБЛИОГРАФИЯ 186

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Объём мирового рынка и CAGR мирового рынка MES, млрд долл. 13
Рисунок 2. Доли компаний разработчиков зарубежного рынка MES-систем, % 17
Рисунок 3. Прогноз развития российского рынка MES и CAGR, млрд. руб. 24
Рисунок 4. Схема системы MES/IIoT на базе решения Advantech 36
Рисунок 5. Интеграция MES с другими корпоративными приложениями SAP 39
Рисунок 6. Количество результатов интеллектуальной деятельности по направлению, ед. 41
Рисунок 7. Место прогнозной аналитики в пирамиде управления 128
Рисунок 8. Архитектура системы 134
Рисунок 9. Шаги, необходимые для выполнения прогноза 135
Рисунок 10. Функция прибыли, реализованная в виде функции вознаграждения 136
Рисунок 11. Смоделированный контур измельчения 137
Рисунок 12. Онтология паттернов онтологического проектирования 147
Рисунок 13. Архитектура системы автоматизированного построения онтологий 149
Рисунок 14. Онтология SG, ориентированная на потребителя 151
Рисунок 15. Основные классы и взаимосвязи в SAREF 152
Рисунок 16. Состав характеристик класса «Внутренняя модульная интеграция» для MES-систем 153
Рисунок 17. Состав характеристик класса «Интеграция с внешними системами» и «Эксплуатация системы» для MES-систем 154

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Характеристики основных игроков зарубежного рынка MES-систем 15

Таблица 2. Характеристики основных игроков российских рынка MES-систем 25

Таблица 3. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы 32

Таблица 4. Ключевые разработки в России в части РИД в области средств управления производственными процессами (MES)..... 42

Таблица 5. Сведения о релизах обновлений функциональных возможностей зарубежных систем в 2024 г..... 48

Таблица 6. Сведения о релизах обновлений функциональных возможностей российских систем в 2024 г..... 60

Таблица 7. Сведения о слияниях и поглощениях разработчиков систем в мире по состоянию на конец 2024 г..... 68

Таблица 8. Перечень проектов кооперации российских разработчиков 74

Таблица 9. Планирование развития систем отечественными разработчиками..... 76

Таблица 10. Обзор крупных проектов в России..... 77

Таблица 11. Обзор крупных проектов в мире..... 81

Таблица 12. Обзор основных мер государственной поддержки 97

Таблица 13. Сведения о поддержанных проектах.....108

Таблица 14. Перечень барьеров и рисков развития систем на отечественном рынке.....115

Таблица 15. Перечень барьеров развития систем на российском рынке и предлагаемые решения для их преодоления.....118

Таблица 16. Сравнение точности моделей прогнозирования потребления тепловой энергии ...138

Таблица 17. Выгрузка из Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, выполненная 11.10.2024, по классификатору, утвержденному приказом от 22.09.2020 № 486 только по основным ПО.....157

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
Русскоязычные сокращения и обозначения		
АСУ ТП	Автоматизированные системы управления технологическими процессами	-
ГОСТ	Межгосударственный стандарт	-
ИИ	Искусственный интеллект	-
ИС	Информационная система	-
ИТ	Информационные технологии	-
ИЦК	Индустриальные центры компетенций по замещению зарубежных отраслевых цифровых продуктов и решений	-
КИИ	Критическая информационная инфраструктура	-
КПЭ	Ключевые показатели эффективности	-
КФС	Киберфизическая система	-
МПЗ	Материально-производственные запасы	-
МСП	Малые и средние предприятия	-
НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы	-
НИОКТР	Научно-исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы	-
НИР	Научно-исследовательские работы	-
НПА	Нормативно-правовые акты	-
НТИ	Национальная технологическая инициатива	-
ОС	Операционная система	-
ПО	Программное обеспечение	-
РИД	Результаты интеллектуальной деятельности	-
САПР	Система автоматизированного проектирования	-
СУБД	Система управления базами данных	-
ТОиР	Техническое обслуживание и ремонт	-

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
ТПП	Технологическая подготовка производства	-
ТРР	Технологии распределенных реестров	-
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль	-
ФИПС	Федеральный институт промышленной собственности	-
ЧПУ	Числовое программное управление	-
ЭВМ	Электронная вычислительная машина	-
ЭД	Эксплуатационные данные	-
ЭСИ	Электронная структура изделия	-
Англоязычные сокращения и обозначения		
AI	Artificial Intelligence	Искусственный интеллект
AEC	Architecture Engineering Construction	Средства архитектурно-строительного проектирования
APC	Advanced Process Control	Системы усовершенствованного управления технологическими процессами
APS	Advanced Planning and Scheduling	Система производственного планирования
AR	Augmented Reality	Средства дополненной реальности
BAS	Building Automation System	Программное обеспечение для автоматизации обслуживания зданий и объектов
BMS	Building Management System	Программное обеспечение для управления зданиями и объектами
BIM	Building Information Modeling (Model)	Технология информационного моделирования (ТИМ) зданий и сооружений
BPM	Business Process Management	Системы управления бизнес-процессами
CAD	Computer-Aided Design	Средства автоматизированного проектирования (САПР)
CAE	Computer-Aided Engineering	Системы автоматизации инженерных расчетов (система инженерного анализа, компьютерного инжиниринга)
CAGR	Compound annual growth rate	Совокупный среднегодовой темп роста
CAM	Computer-Aided Manufacturing	Системы разработки управляющих программ ЧПУ, также: Средства управления оборудованием с числовым программным управлением

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
CAPP	Computer-Aided Process Planning	Системы автоматизации технологической подготовки производства
CMMS	Computerized Maintenance Management System	Системы компьютерного управления обслуживанием оборудования
CPM	Corporate Performance Management	Системы управления корпоративной эффективностью
CRM	Customer Relationship Management	Системы управления взаимодействием с заказчиками
DSS	Decision Support System	Системы поддержки принятия решений
DT	Digital Twin	Цифровой двойник
EAM	Enterprise Asset Management	Системы управления основными фондами предприятия
ECAD	Electronic Computer-Aided Design	Системы автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), печатных плат и электронной компонентной базы (ЭКБ)
ECM	Enterprise Content Management	Управление корпоративным контентом
EDA	Electronic Design Automation	Системы автоматизации проектирования электрооборудования и электрических схем
EPM	Enterprise Performance Management	Системы управления эффективностью предприятия
ERP	Enterprise Resource Planning	Система управления ресурсами предприятия (финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами)
FM	Facilities Management	Программное обеспечение для автоматизации зданий и управления обслуживанием объектов
FSM	Field Service Management	Управление выездным сервисным обслуживанием
GIS	Geographic Information System	Геоинформационные и навигационные средства
HMI	Human-Machine Interface	Технологии человеко-машинных интерфейсов
IIoT	Industrial Internet of Things	Промышленный интернет вещей
IoT	Internet of Things	Интернет вещей
ISA	Instrument Society of America	Американское общество приборостроителей

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
LIMS	Laboratory Information Management System	Системы управления лабораторной информацией
M&A	Mergers and Acquisitions	Слияния и поглощения
MDM	Master Data Management	Системы управления основными данными (НСИ) для производства
MES	Manufacturing Execution System	Системы управления производством
ML	Machine Learning	Технология машинного обучения
MOM	Manufacturing Operations Management	Система управление производственным процессом (операциями)
MRP	Material Requirements Planning	Система планирования потребностей в материалах
MRP II	Manufacturing Resource Planning	Система планирования производственных ресурсов
OM/OMS	Order Management System	Программы управления заказами
PDM	Product Data Management	Системы управления данными об изделии
PLC	Programmable Logic Controller	Программируемый логический контроллер (ПЛК)
PLM	Product Lifecycle Management	Системы управления жизненным циклом изделия
RTO	Real Time Optimization	Система оптимизации технологических процессов
SaaS	Software as a Service	Программное обеспечение как услуга
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Автоматизированные системы диспетчерского управления технологическими процессами и сбора данных (АСУ ТП)
SCM	Supply Chain Management	Системы управления цепочками поставок
SFC	Shop Floor Control	Управление цехом
VR	Virtual Reality	Средства виртуальной реальности
WMS	Warehouse Management System	Система управления складской логистикой
QMS	Quality Management System	Система менеджмента качества

ВВЕДЕНИЕ

Экспертно-аналитический доклад, подготовленный Инфраструктурным центром «Технет» СПбПУ, и планируемые результаты его реализации признаны соответствующими целям решения задач обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации в соответствии с Протоколом заседания Экспертного совета при высшем органе управления – Наблюдательном совете автономной некоммерческой организации «Платформа Национальной технологической инициативы» от 30 сентября 2024 года № 16[1].

Доклад посвящен рынку MES-систем (Manufacturing execution system, Системы управления производством), то есть системам управления производственной деятельностью и ее оптимизации, которые в режиме реального времени планируют, инициируют, отслеживают, оптимизируют, документируют производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции.

Развитие систем управления производственной деятельности можно проследить с 1960х годов, когда стали появляться мейнфреймы, первые компьютеры, которые использовались преимущественно для бухгалтерских расчетов, и финансовых операций. Также в 1960е гг. появляются и системы планирования потребностей в материалах (Material Requirements Planning (MRP). Технология позволяла переформатировать производственные планы в списки требуемых материалов [1].

Система планирования производственных ресурсов, MRP II (Manufacturing Resource Planning), стала продолжением развития MRP технологий, при этом MRP II интегрирует больше элементов производственного процесса, помимо материалов, это финансы и управление человеческими ресурсами [1].

Таким образом, в 1970-х и 1980-х годах несколько приложений по управлению ресурсами в промышленности успешно вышли на рынок. Параллельно активно развивалась промышленная автоматизация, достигшая больших успехов. Но между этими блоками отсутствовала связь.

MES-системы сделали возможным взаимодействие двух различных уровней организации: бизнес-процессов с процессами управления и производства [2].

Первое определение MES-систем было сформулировано компаний ARM Research в 1990 году, а позднее, в 1992 году, дополнено Ассоциацией систем планирования производственных ресурсов (Manufacturing Execution Systems Association, MESA):

> *«MES – это динамическая информационная система, обеспечивающая эффективное выполнение производственных операций. Используя актуальные и точные данные, MES-система сопровождает, запускает и сообщает о ключевых процессах на производстве в то время, когда происходят целевые события. Набор функций MES управляет производственными операциями от точки размещения заказа до формирования готовой продукции. MES предоставляет критически важную для достижения результата информацию о производственной деятельности другим подразделениям организации, а также компаниям цепочки*

[1] Ключевые термины и определения, использованные в настоящем докладе, включая понятие технологического суверенитета, приведены в Глоссарии

поставок посредством двунаправленной связи» [1].

Понятие MES постепенно изменялось на протяжении последних 30 лет. В 2022 году профильная ассоциация MESA сформировала «Фреймворк для интеллектуального производства». Новая концепция содержит 3 сходных концепции:

- Жизненные циклы – бизнес-процессы и потоки создания ценности, которые необходимо оптимизировать.
- Потоки, охватывающие весь жизненный цикл продукта – производство включает большое количество взаимосвязанных процессов. Фреймворк охватывает такие потоки как качество, соответствие, энергия, аналитика, безопасность, моделирование, цифровой двойник и цифровая нить.
- Ключевые технологии – интеграция технологических решений, которые формируют современное умное производство: промышленный интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект, машинное обучение, виртуальная и дополненная реальность, аддитивные производства и др. [2]

Результаты аналитических исследований будут способствовать развитию MES-технологий (систем управления производством) в составе аппаратно-программных решений киберфизических систем (далее – КФС) как технологической платформы гибридной информационно-управляющей среды промышленной автоматизации и управления.

Отчет содержит главы, посвященные рассмотрению трендов развития MES-систем, барьеров и рисков, существующих на рынке, анализу объема, динамики развития сегментов рынка. Помимо этого, проанализированы ключевые меры поддержки компаний рынка, наиболее перспективные проекты и направления исследований.

В рамках восьмой главы проведены аналитические исследования MES-технологий в составе аппаратно-программных решений КФС, включая описание характеристик и бизнес-ценности, анализ функциональных возможностей подсистем предиктивной аналитики и многокритериальной оптимизации в системах управления производством.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА

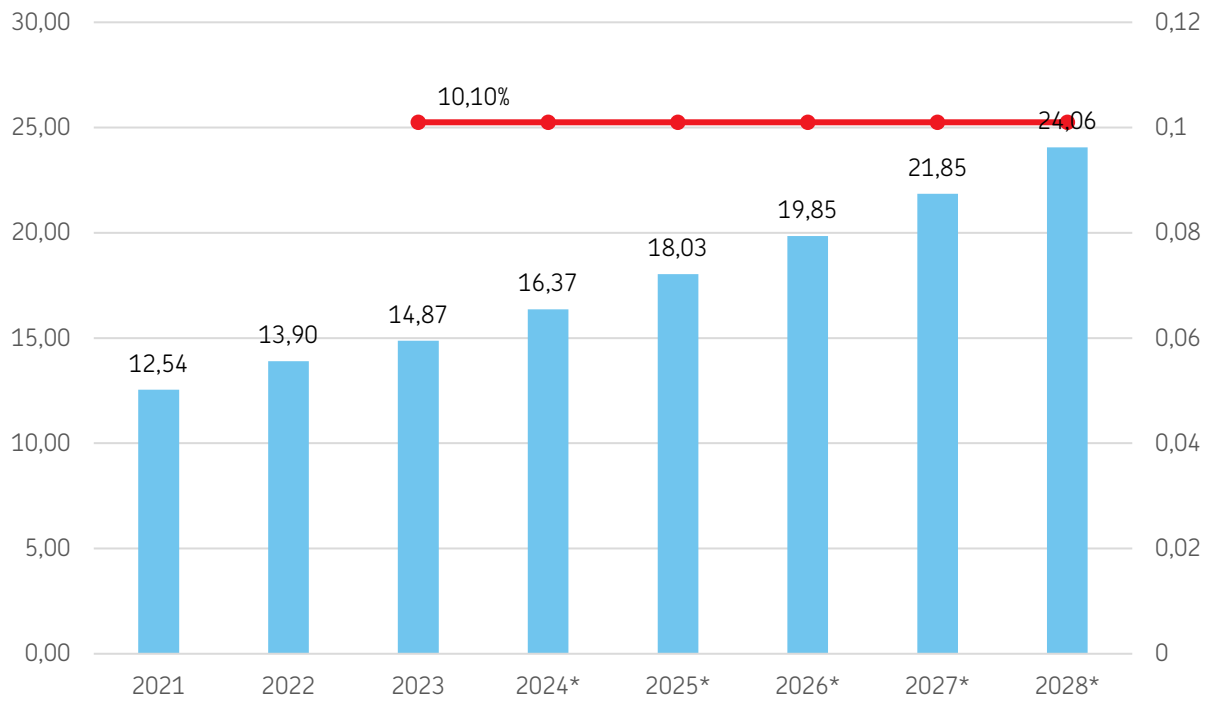
В данной главе представлен анализ мирового и российского рынков систем класса MES. Исследование включает оценку объема рынка, представлен прогноз динамики роста объема рынка, а также характеристика ключевых игроков и их долей на рынке. Для зарубежного рынка также рассматриваются географические сегменты рынка и основные факторы, влияющие на развитие анализируемых технологий. Анализ российского рынка позволяет сделать заключение о текущем состоянии и потенциале развития MES-систем.

1.1. Анализ мирового рынка

1.1.1. Емкость рынка, темпы роста рынка

По данным компании Mordor Intelligence [3], объем рынка MES составил 14,87 млрд долл. за 2023 г. и ожидается рост со срегодовым темпом (CAGR) в 10,10% в период 2023-2028 гг. По данным компании BlueWeave Consulting [4], объем рынка на 2021 г. составил 12,54 млрд долл., а по данным компании Precedence Research [5] на 2022 г. составил 13,90 млрд долл. График с объемом мирового рынка и CAGR мирового рынка MES-систем приведен на Рисунке 1.

Рисунок 1. Объём мирового рынка и CAGR мирового рынка MES, млрд долл.



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Альтернативные оценки объема рынка MES-решений:

- По оценке компании Marketsandmarkets [6], объем рынка систем управления

производством (MES) достигнет 14,9 млрд долл. в 2024 г. и 23 млрд долл. к 2029 г. Ожидается, что он будет расти со среднегодовым темпом роста (CAGR) 9,2% с 2023 г. по 2029 г. Внедрение генеративного искусственного интеллекта, цифровых двойников и граничных вычислений – одни из важнейших тенденций, которые, как ожидается, будут стимулировать развитие экосистемы рынка MES-систем в ближайшие 5-6 лет. Еще один фактор, создающий спрос на рынке – растущий спрос на цифровое производство и сложные производственные процессы, что является одним из важных факторов, стимулирующих рост рынка систем управления производством (MES) с поддержкой Интернета вещей (IoT). Сочетание технологий IoT и MES помогает производителям достичь цифрового производства, что приводит к повышению эффективности и производительности.

- Компания Precedence Research [5] считает, что объем мирового рынка систем управления производством составил 16,05 млрд долл. в 2023 г., в 2024 г. – 18,54 млрд долл., и, как ожидается, достигнет около 67,83 млрд долл. к 2033 г., увеличиваясь со среднегодовым темпом роста (CAGR) на 15,5% в период с 2024 г. по 2033 г.

1.1.2. Характеристики основных игроков и их доли на рынке

По данным компании Mordor Intelligence [3], основными игроками рынка MES-систем являются:

- Siemens.
- Rockwell Automation.
- SAP SE.
- ABB.
- Honeywell International.

Аналитики компании Precedence Research [5] выделяют в числе ключевых компаний разработчиков следующие компании, помимо перечисленных выше: Tebis Technische Informations Systeme AG, Werum IT Solutions GmbH, Dassault Systems, Andea Solutions.

Компания Marketsandmarkets [6] считает, что основными компаниями являются, помимо перечисленных выше: SAP, Emerson Electric, General Electric, Oracle.

В Таблице 1 представлены сведения об объемах основных игроков рынка систем управления производством. Перечень компаний сформирован на основе консолидации позиций из указанных выше источников.

Таблица 1. Характеристики основных игроков зарубежного рынка MES-систем

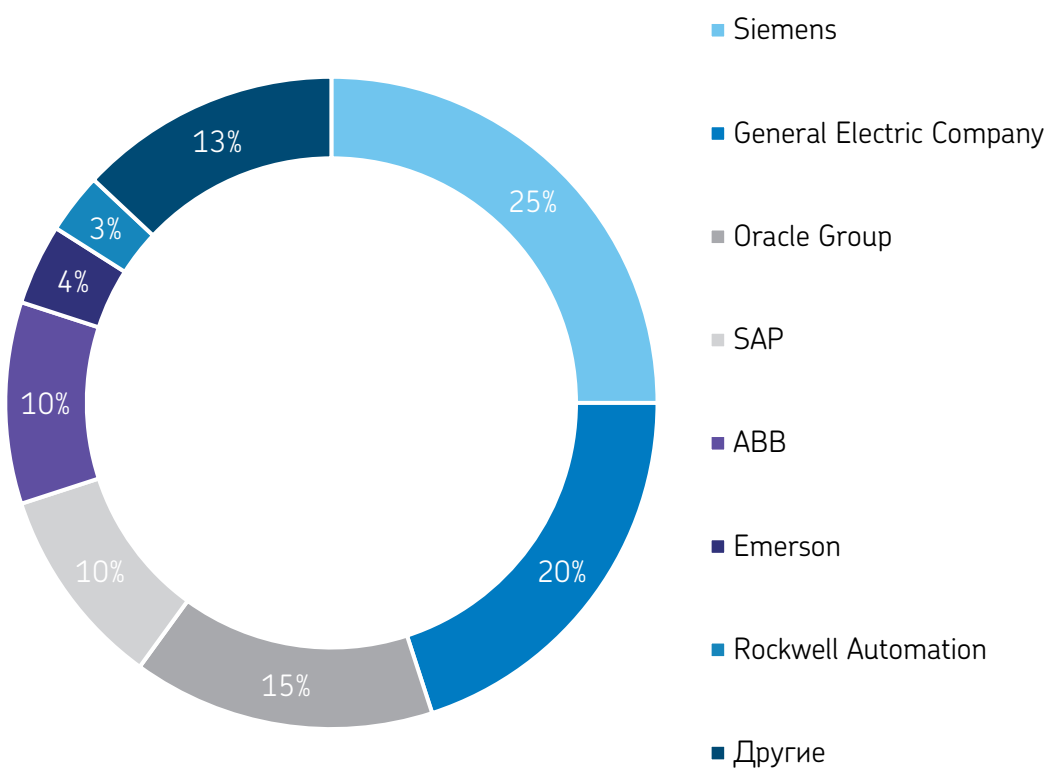
№	Название компании	Выручка 2023, млн долл.	Ссылка на сайт компании
1	Siemens	78 620 [7]	https://www.siemens.com/global/en.html
		83 890 [8]	
2	General Electric Company	60 000 [9]	https://www.ge.com/
		64 565 [10]	
		67 950 [10]	
3	Oracle Group	50 000 [11]	https://www.oracle.com/
		51 620 [12]	
		53 820 [13]	
4	Honeywell International	36 660 [14]	https://www.honeywell.com/us/en
		36 662 [15]	
		37 330 [15]	
5	SAP SE	33 880	https://www.sap.com/central-asia-caucasus/index.html?url_id=auto_hp_redirect_central-asia-caucasus
		32 540	
6	ABB	32 200 [16]	https://global.abb/group/en
		32 230 [17]	
		32 320 [18]	
7	Emerson Electric	15 160 [19]	https://www.emerson.com/en-us
		15 900 [20]	
		16 960 [21]	
8	Rockwell Automation	9 130	https://www.rockwellautomation.com/en-us.html
		8 790	
9	Tebis Technische Informations syteme AG	Н/Д	https://www.tebis.com/
10	Werum IT Solutions Gmbh	Н/Д	https://www.werum.de/en/home
11	Dassault Systems	Н/Д	https://www.3ds.com/

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по открытым данным компаний

Примечания к Таблице 1:

- Об объеме выручки ABB существуют различные сведения, полученные из разных источников. По данным официального сайта [16], выручка составляет 32 200 млн долл. Согласно данным Companies Marketcap [17], выручка составляет 32 230 млн долл. и 32 330 млн долл. по мнению Fusion Media Limited [18].
- У Siemens AG, по данным компании Companies Marketcap [8], выручка составляет 78 620 млн долл., по данным компании Fusion Media Limited [7], 83 890 млн долл..
- По данным из разных источников, выручка компании Honeywell International оценивается: 36 660 млн долл. по данным Companies Marketcap [14], 36 662 млн долл. по данным Fusion Media Limited [15] и 37 330 млн долл. по данным Fusion Media Limited [15].
- Выручка Emerson Electric Co. оценивается компанией TradingView [19] в 15 160 млн долл., по данным компании Companies Marketcap [20] 15 900 млн долл., а по данным компании Fusion Media Limited [21], выручка оценивается в 16 960 млн долл.
- По данным компании Companies Marketcap [9], выручка General Electric Company составляет 60 000 млн долл., по данным Fusion Media Limited [10], выручка составляет 64 565 млн долл. По данным компании Fusion Media Limited [10], выручка оценивается в 67 950 млн долл.
- У Oracle Group приведены следующие данные по выручке: 50 000 млн долл. с официального сайта [11] компании, 51 620 млн долл. по данным Companies Marketcap [12], и 53 820 млн долл. по данным Fusion Media Limited [13].

Рисунок 2. Доли компаний разработчиков зарубежного рынка MES-систем, %



Примечание: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Доли ключевых игроков на мировом рынке MES-систем приведены на Рисунке 2 на основе экспертной оценки. Рассмотрим представителей мирового рынка MES с наиболее высокой рыночной долей подробнее.

Siemens – немецкий конгломерат, работающий в области электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспорта, медицинского оборудования и светотехники, а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи [22].

Компания Siemens – один из лидеров в области промышленной автоматизации и цифровизации. Решение MES компании SIMATIC IT позволяет производителям оптимизировать эффективность производства и повысить прозрачность в различных отраслях, включая автомобилестроение, аэрокосмическую промышленность и энергетику. Siemens сосредоточились на интеграции MES с передовыми технологиями, такими как ИИ и IoT, что позволяет производителям использовать данные в реальном времени и прогнозную аналитику. Постоянные инновации компании в области автоматизации и ее ориентация на Индустрию 4.0 позиционируют Siemens как одного из лидеров на рынке MES [23].

Компания разрабатывает продукт Opcenter, который является комплексным пакетом программных решений от Siemens для управления производственными операциями. Он включает в себя различные модули, такие как «Opcenter Execution Pharma», который предоставляет электронные записи партий (eBR) для фармацевтической отрасли, «Opcenter APS» для расширенного

планирования и управления графиками производства. Opcenter помогает компаниям оптимизировать процессы, повышать эффективность и обеспечивать соответствие нормативным требованиям. Он позволяет осуществлять безбумажное производство, сбор данных в режиме реального времени и интеграцию с другими системами, такими как ERP и системы автоматизации. Opcenter поддерживает такие отрасли как фармацевтика, производство продуктов питания и напитков, а также дискретное производство, помогая предприятиям достичь операционного совершенства и сократить время выхода на рынок. [24]

Также Siemens разрабатывает Opcenter Execution Discrete – специализированную систему управления производством для отдельных производственных цехов и сложных сборочных операций, которая входит в состав Siemens Xcelerator – комплексного и интегрированного портфеля программного обеспечения, оборудования и услуг, который предназначен для удовлетворения наиболее распространенных потребностей отраслей промышленности. Это особенно актуально там, где выделены макро-зоны, предназначенные для выполнения последовательных функций дискретного производства для получения желаемого продукта.

Компания SAP SE – немецкая компания, которая является мировым лидером в области производства корпоративных приложений и искусственного интеллекта для бизнеса [25]. Компания разрабатывает продукт SAP Manufacturing Execution (далее – SAP ME) – это комплексное решение системы управления производством (MES) для дискретных производственных процессов. Система позволяет настраивать функциональность MES специально для управления и контроля конкретной производственной среды. Решения SAP ME обеспечивают операционную прозрачность от цеха до высшего руководства, способствуя цифровому управлению, мониторингу, контролю и автоматизации производственных операций. Данные в реальном времени могут использоваться для повышения надежности и прослеживаемости продукции на всех этапах производственного процесса, что позволяет принимать эффективные и обоснованные решения. Основные характеристики SAP ME:

- Устройство управления производственным цехом:

  В рамках SAP ME, наименьшим уровнем прослеживаемости является идентификатор управления производственным цехом (далее – SFC). SFC – это уникальный идентификатор, представляющий собой конкретный экземпляр определенного материала, создаваемого в процессе производства. Этот идентификатор может быть связан с одной партией или продуктом размером в одну единицу в зависимости от желаемой модели производства. Данные, собранные в течение всего производственного процесса, связаны с SFC, чтобы обеспечить полную запись производства, включая историю продукта для каждого отдельного SFC.

- Маршрутизация:

  Маршрутизация SAP ME позволяет проектировать и настраивать маршруты технологических процессов. Маршрутизация SAP ME допускает различную степень детализации и гибкости, чтобы учитывать практически любой производственный сценарий. Графический движок маршрутизации – это универсальный редактор, используемый для настройки производственных маршрутов, начиная от простых последовательных потоков и заканчивая очень сложными маршрутами с циклами, встроенной переработкой, условными действиями и автоматизированными

действиями маршрутизации на основе несоответствий.

- Операции:

  Операции являются ключевым понятием для конфигурации SAP ME, позволяющим эффективно адаптировать процессы и системы к производственным требованиям. Такие действия, как запуск/завершение, сбор данных, регистрация событий и проверки, могут быть назначены в качестве операции в различных точках производственных маршрутов и бизнес-процессов. Эти назначения гарантируют, что процесс правильно взаимосвязан, и устанавливают, когда и где должны выполняться конкретные действия. Сочетание конфигурации системы, расширения стандартных операций и возможности запуска действий через внешние веб-сервисы обеспечивает гибкость, необходимую для адаптации системы к индивидуальным процессам и потребностям бизнеса [26].

General Electric, компания, сфера деятельности которой охватывает выпуск различных видов техники, включая локомотивы, энергетические установки, газовые турбины, авиационные двигатели, медицинское оборудование, изготовляет также осветительную технику, пластмассы и герметики. GE является одним из мировых лидеров по разработке технологий генерации и распределения энергии. Штаб-квартира – в городе Фэрфилд, штат Коннектикут.

В компании General Electric существует подразделение программного обеспечения для электрификации – GE Vernova, работа которого сосредоточена на предоставлении интеллектуальных приложений и аналитики, необходимых для ускорения электрификации и декарбонизации всей энергетической экосистемы. Данное подразделение разработало систему Proficy Smart Factory (программное обеспечение MES) [27]. Proficy Smart Factory является комплексным набором как облачных, так и локальных решений, который может преобразовать производственный бизнес с помощью аналитики и интеллектуальных данных, получаемых благодаря интеграции данных, промышленному интернету вещей (IIoT), машинному обучению и прогнозной аналитике. Через объединение цифрового мира с физическим миром производства, программное обеспечение Proficy Smart Factory MES обеспечивает комплексное управление производительностью для современного интегрированного предприятия. Proficy Smart Factory – единственная на рынке MES-система, способная приносить ценность для всех типов производственных операций (процессных, дискретных, смешанных) [28].

Компания Oracle Corporation – американская корпорация, второй по размеру выручки разработчик программного обеспечения, четвёртая крупнейшая компания в сфере информационных технологий, крупный поставщик серверного оборудования [29]. Компания разрабатывает решение Oracle Manufacturing Execution System для дискретного производства. Oracle MES включает в себя рабочее место оператора MES и рабочее место супервайзера MES, которые могут использоваться операторами цеха и супервайзерами.

Рабочее место оператора MES предоставляет единый интерфейс для выполнения множества функций на производственном участке без перехода между несколькими окнами транзакций. Операторы цеха могут просматривать задания, назначенные определенным рабочим центрам, а также просматривать требования и инструкции по выполнению работы. Система управления производством может быть настроена для действий, отображения, безопасности и транзакций для ролей

оператора и супервайзера [30].

Компания Rockwell Automation специализируется на решениях в области промышленной автоматизации и обработки информации, предлагает продукты и услуги в рамках концепции интеллектуального предприятия, помогая техническим службам и отделам эксплуатации повысить эффективность управления оборудованием и совершенствовать производственные процессы.

Компания владеет ведущим решением MES FactoryTalk PharmaSuite, разработанным специально для фармацевтической и биотехнологической отрасли. Оно обеспечивает оптимизацию на основе ролей для каждого этапа жизненного цикла и сокращает время достижения результатов для всех пользователей. Его открытая архитектура в сочетании с интеллектуальным механизмом обновления обеспечивает надежную систему для развития и пакетном и в дискретном производстве [31].

ABB (Швейцария). Пакет управления производственными операциями (MOM) ABB включает решения MES, которые помогают отраслям оптимизировать свои производственные операции, от обработки сырья до поставки готовой продукции. MES ABB широко используется в таких отраслях, как энергетика, автомобилестроение и горнодобывающая промышленность, и предлагает такие функции, как мониторинг в реальном времени, планирование производства и управление качеством. Решения ABB известны своей масштабируемостью, что делает их подходящими как для крупных предприятий, так и для малых и средних производителей, стремящихся повысить операционную эффективность [23].

Emerson Electric Co. (США). Система управления производством Emerson фокусируется на предоставлении производителям возможности управления процессами и оптимизации эксплуатации. Emerson обслуживает такие отрасли, как нефтегазовая, химическая и медико-биологическая, предоставляя решения MES, которые повышают гибкость производства, прослеживаемость и соответствие требованиям. Их системы MES известны своей способностью легко интегрироваться с существующей инфраструктурой завода, помогая производителям сокращать время простоя, повышать производительность и обеспечивать соответствие нормативным требованиям [23].

1.1.3. Географические сегменты рынка

По данным компании Precedence Research [5] на 2023 г., Азиатско-Тихоокеанский регион занимает 45,14%, Северная Америка – 25,41%, Европа – 21,20%, Латинская Америка – 5,22%, МЭА – 3,03%. Предполагается, что Северная Америка сохранит значительную долю рынка MES в течение прогнозируемого периода 2024 – 2033 гг. в основном благодаря присутствию нескольких крупных поставщиков MES.

Кроме того, сильная экономическая позиция Северной Америки позволяет ей активно инвестировать в передовые решения и технологии, что обеспечивает ее конкурентное преимущество на рынке. Также в регионе наблюдается ряд слияний и поглощений компаний-участников рынка, что помогает им консолидировать свои решения и предложения для расширения рыночного присутствия.

Постоянный рост и инвестиции в цифровизацию различных отраслей региона являются одной из перспективных возможностей для рынка. Увеличение числа малых и средних предприятий (далее – МСП) и растущая цифровизация производственных мощностей крупных корпораций, таких как

IBM и General Electric, стимулируют развитие рынка IoT в местном производственном сегменте. МСП становятся более адаптируемыми к интеграции новых технологий в существующие системы, тогда как крупные производители располагают значительными бюджетами на цифровизацию.

Компания Mordor Intelligence [3] считает, что Северная Америка продолжит удерживать значительную долю рынка MES в течение прогнозируемого периода (2023–2028 гг.), в основном благодаря присутствию нескольких крупных поставщиков MES, таких как Honeywell, Oracle Corporation, Emerson и Rockwell Automation.

Лидерство Северной Америки на рынке также связано с ростом промышленного развития в этих регионах. В развитых странах наиболее распространенными сегментами приложений систем управления производством являются автомобилестроение, нефтегазовая отрасль, а также продукты питания и напитки. Например, по данным управления энергетической информации США, добыча сырой нефти в США составит в среднем 11,7 миллиона баррелей в день в 2022 году и 12,4 миллиона баррелей в день в 2023 году, превысив рекордный уровень, достигнутый в 2029 году.

Кроме того, страны Северной Америки используют решения для облачного производства из-за быстрого внедрения облачных сетей и предприятий, использующих передовые цифровые технологии. Ожидается, что индустрия внедрения систем облачного производства в Северной Америке будет развиваться благодаря усилиям правительственных организаций, некоторые из которых переходят в онлайн для улучшения информационных операций.

Аналитики компании Marketsandmarkets [6] считают, что Азиатско-Тихоокеанский регион будет демонстрировать самый высокий среднегодовой темп роста (CAGR) в прогнозируемый период 2024 – 2029 гг.. Китай, Япония, Южная Корея, Индия и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона составляют этот регион, являющийся вторым по величине рынком систем управления производством и демонстрирующий самые быстрые темпы роста. Китай и Индия признаны ведущими экономиками мира с самыми быстрыми темпами роста, а быстрые темпы урбанизации и индустриализации в этих странах стимулируют развитие обрабатывающей промышленности, что, в свою очередь, приводит к росту спроса на системы управления производством в регионе. Автомобильная, химическая, электроэнергетическая, фармацевтическая и биотехнологическая отрасли являются ключевыми факторами роста рынка в этом регионе.

1.1.4. Факторы развития мирового рынка

К фундаментальным относятся следующие 6 факторам развития мирового рынка MES-систем:

1. Растущая сложность производственных процессов [6].

   Растущая сложность производственных процессов отражает сложность устройства современного производства, характеризующегося передовыми технологиями и взаимосвязанными системами с возрастающим спросом на разнообразную и индивидуализированную продукцию. В частности, касательно MES-систем, решающими элементами усложнения производственных процессов выступают интеграция автоматизации, роботов и Интернета вещей, создание огромных объемов данных, для управления которыми и получения полезной информации требуется внедрение таких же сложных систем, как MES.

Также MES-системы интегрируют производственные системы, обеспечивая бесшовную связь между компонентами, этапами производства и глобальными системами, такими как планирование ресурсов предприятия (ERP) и управление цепочкой поставок. Он справляется с такими задачами, как производство индивидуальной и сложной продукции, много-площадочные операции, строгие нормативные требования и динамичные цепочки поставок, предоставляя информацию в режиме реального времени, возможности координации и решения для обеспечения соответствия требованиям. MES обрабатывает перегрузку данными, позволяет принимать решения в режиме реального времени и снижает операционные риски, что делает ее незаменимым инструментом для навигации и оптимизации сложной среды современных производственных процессов.

2. Потребность в крупномасштабном производстве и соответствующей сети складов [5].

Потребность в связанной производственной сети в обрабатывающей промышленности является важнейшим фактором роста рынка MES. Эффективный поток данных на всем протяжении производственного процесса является ключевым элементом для обеспечения эффективной производственной деятельности. Производители могут использовать системы IoT для отслеживания местоположения, контроля запасов и отчетности о произведенных товарах, проходящих через процесс цепочки поставок. Связанные производственные решения также способствуют беспрепятственному потоку информации по всей цепочке поставок, что позволяет компаниям легко реагировать на меняющиеся экономические условия.

Данные в режиме реального времени помогают производителям снизить складские расходы, выявлять проблемные ситуации и обеспечивать производство в соответствии с рыночным спросом. Рост объемов производства во всем мире для крупномасштабного производства, наряду с повышением качества, стимулирует потребность в современных устройствах и программных системах. Эта потребность может быть удовлетворена с помощью передовых производственных систем и методов, предоставляемых системами управления производством (MES).

3. Растущее внедрение систем управления производством для повышения энергоэффективности и устойчивого производства [5].

Системы управления производством внедряются различными крупными компаниями и МСП, поскольку они помогают улучшить производственные процессы. Способность этих систем увеличивать производство, снижать затраты, улучшать качество и обеспечивать отслеживание продукции и сбор данных в режиме реального времени способствует повышению эффективности производства. Этот фактор, как ожидается, будет способствовать внедрению этих систем для увеличения прибыли.

Внедрение систем управления производством также приводит к снижению энергопотребления и отходов в процессе производства. Например, при использовании MES-системы на производственном участке нет необходимости в дополнительных

ИТ-ресурсах, а потребность в бумажной работе и физическом пространстве для хранения документов устраняется.

4. Внедрение технологии Интернета вещей (IoT) в обрабатывающей промышленности [5].

   Внедрение технологии Интернета вещей (IoT) в обрабатывающей промышленности для автоматизации производства создает новые возможности для глобального рынка систем управления производством. Кроме того, IoT обеспечивает связь и взаимодействие между промышленными устройствами, предоставляя предприятиям большую гибкость и оптимальную производительность. Все это положительно повлияло на рост мирового рынка систем управления производством.

5. Фармацевтическая и медико-биологическая промышленность [6].

   В связи с постоянно развивающимися тенденциями в фармацевтической промышленности, производители испытывают все большую необходимость идти в ногу со временем и модифицировать свою деятельность в соответствии с меняющимися потребностями. Фармацевтическая и биотехнологическая промышленность сталкивается с усилением конкуренции, требованиями нормативно-правового соответствия, ценовым давлением и стандартами безопасности пациентов. Производители в фармацевтическом секторе, производители медицинских устройств и компании в области биотехнологий должны обрабатывать огромные объемы данных. Программное обеспечение систем управления производством помогает производителям соблюдать требования FDA, предоставляя централизованные данные в режиме реального времени для обеспечения нормативного соответствия. Программное обеспечение также обеспечивает эффективное и быстрое производство, стимулируя компании к внедрению этого решения. Некоторые фармацевтические и биотехнологические компании уже начали внедрять это программное обеспечение для обеспечения своевременного выполнения производственного цикла.

   MES позволяет фармацевтической промышленности значительно снизить производственные затраты и улучшить соблюдение нормативных требований. Преимущества автоматизации эффективно используются фармацевтическими предприятиями для поддержания или увеличения объемов производства без ущерба для безопасности и эффективности. Фармацевтические предприятия теперь могут безопасно увеличивать производство и строить производственные линии более быстро и гибко благодаря автоматизации и внедрению таких решений, как системы управления производством. Пандемия COVID-19 усилила ранее существовавшие тенденции, такие как адаптируемая автоматизация, оцифровка, серийное производство и персонализация. Более того, растущая обеспокоенность по поводу попадания поддельных лекарств в цепочку поставок привела к принятию глобальных правил отслеживания для защиты безопасности пациентов и обеспечения целостности продукции. Директива ЕС о фальсифицированной медицине (EUFMD), закон США о безопасности цепочки поставок лекарств (DSCSA) и другие глобальные нормативные акты означают, что производители теперь пытаются более тщательно

обеспечить соблюдение требований, добавлять инновационные технологии и увеличивать ресурсы для управления дополнительным административным бременем. Использование штрих-кодов, серийных номеров и включение RFID-меток в упаковочное оборудование – все это меры, принимаемые для улучшения качества отслеживания.

6. Иные факторы отдельных отраслей.

В качестве стимулирующих рост рынка систем управления производством факторов выступают: спрос на оборудование для водоснабжения и очистки сточных вод, производства продуктов питания и напитков, а также энергетической отрасли [5].

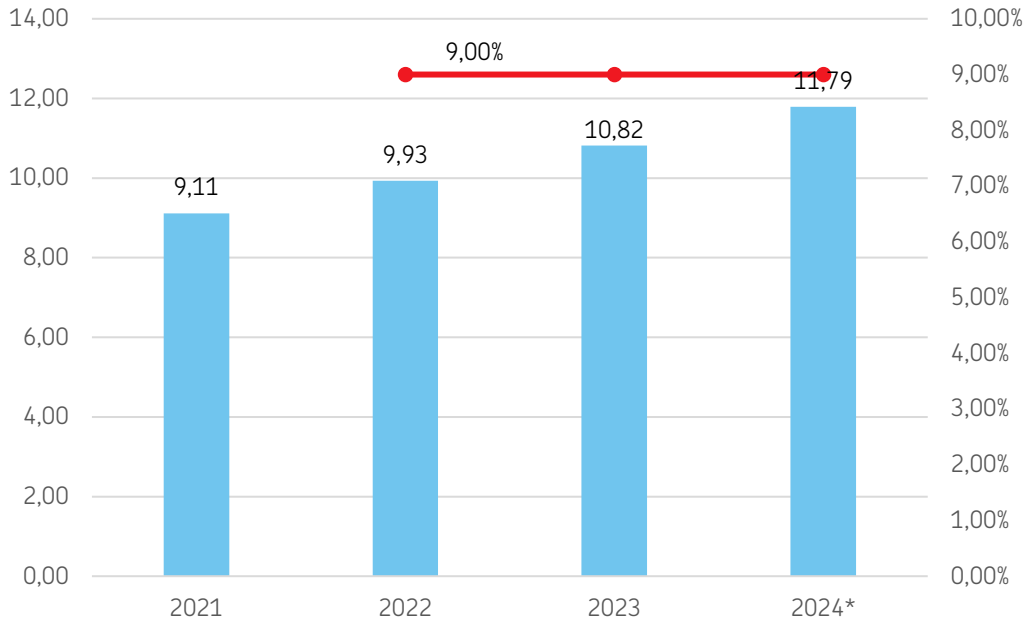
1.2. Анализ российского рынка

1.2.1. Емкость рынка, темпы роста рынка

На основе экспертной оценки, объем российского рынка MES в 2023 г. составит 0,34 млрд долл., ожидаемый темп роста рынка (CAGR) составит 9 % с 2023 г. по 2028 г. Расчет выполнен с учетом сегментации: прикладное ПО (SCADA, MES, РСУ) – 15%. В рублях объем российского рынка MES-систем составил:

- В 2021 году составил 9,11 млрд руб.
- В 2022 году составил 9,93 млрд руб.
- В 2023 году составил 10,82 млрд руб.

Рисунок 3. Прогноз развития российского рынка MES и CAGR, млрд. руб.



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Для построения графика, приведенного на Рисунке 3, был использован средневзвешенный курс доллара: 2021 г. – 73,65 руб., 2022 г. – 78,55 руб., 2023 г. – 85,25 руб. Далее прогноз для 2024 г. построен на основании данных за 2023 г. с учетом прогнозируемого CAGR.

1.2.2. Характеристики основных игроков

Среди российских разработчиков и вендоров MES-систем можно выделить АО «Корпорация Галактика», ГК «1С», ООО «Омегасофтвер Рус», ООО «АСКОН – Бизнес-решения», АО «СиСофт Девелопмент» и другие. Основные компании разработчики российского рынка MES-решений и их выручка в 2023 году приведены в таблице 2 (расположены в алфавитном порядке). В качестве тенденции, наблюдаемой на российском рынке, можно отметить наличие нескольких юридических лиц, объединенных одним брендом (в таблице представлены последовательно).

Таблица 2. Характеристики основных игроков российских рынка MES-систем

№	Название компании	Выручка 2023, млн руб.	Ссылка на сайт компании
1	АО «АЙ-ТЕКО»	18 154,14	https://www.i-teco.ru/
2	АО «Галактика Про»	235,99	https://galaktika.ru/
3	АО «Корпорация Галактика»	387,20	https://galaktika.ru/
4	ООО «Галактика Центр»	63,52	https://galaktika.ru/
5	АО «СиСофт Девелопмент»	2 032,64	https://www.csoft.ru/vendors/csoft-development.html
6	ГК «1С»	Н/Д	https://1c.ru/
7	ЗАО «Компания Информконтакт»	295,17	https://alfasystem.ru/
8	ООО «Алтек»	38,03	https://altec.ru/
9	ООО «АСКОН – Бизнес-решения»	710,75	https://ascon.ru/
10	ООО «БИЗНЕС ТЕХНОЛОГИИ»	371,50	https://global-system.ru/
11	ООО «ГК ИНФОПРО»	290,74	https://www.info-pro.ru/
12	ООО «ИНДАСОФТ»	801,91	https://indusoft.ru/
13	ООО «Наука» (ООО «Наука, технология, информатика, контроль»)	1 136,57	https://ntik.ru/
14	ООО «Омегасофтвер Рус»	165,78	https://omegasoftware.ru/
15	ООО «ПРОФ-ИТ ГРУПП»	420,99	https://prof-itgroup.ru/
16	АО «ВИСТ ГРУПП»	1 972,07	https://www.zyfra.com/ru/industries/mining/

№	Название компании	Выручка 2023, млн руб.	Ссылка на сайт компании
17	ООО «ГЕОНАВТЕХ»	95,47	https://geonaft.ai/
18	ООО «ЦИФРА»	2 054,99	https://www.zyfra.com/ru/
19	ООО «ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА»	2 448,46	https://idp.zyfra.com/
20	ООО «Эттон-Центр»	76,05	https://etton.ru/

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Полный перечень российских разработчиков MES-систем на основании данных Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных по состоянию на 11.10.2024 в соответствии с классификатором, утвержденным приказом Минцифры России от 22.09.2020 № 486, представлен в Приложении 1.

Корпорация «Галактика» – российский разработчик национальной платформы цифровизации для крупных предприятий, холдингов и государственных корпораций, бизнес-приложений по планированию и управлению производством, производственными активами и надежностью [32]. Компания является разработчиком решения «Галактика MES» для оперативного управления производством в рамках цеха (участка): планирование операций и работ по рабочим местам (оборудованию) и персоналу, оперативный контроль и сбор данных о выполнении операций и состоянии оборудования, анализ эффективности использования основных производственных ресурсов (оборудования и персонала). Основные функции «Галактика MES» следующие:

- Формирование номенклатурных планов производства цехов.
- Управление ресурсами цеха (персонала, оборудования).
- Построение пооперационных производственных расписаний с учетом состояния производственных ресурсов (персонала и оборудования), графиков их работы и доступности (ТО и ремонт оборудования, отсутствие-присутствие персонала и т.д.).
- Формирование сменных заданий, выдача заданий исполнителям (сотрудникам) и на рабочие места.
- Оперативный сбор данных о выполнении и работе производственного персонала и оборудования (через терминалы сбора данных).
- Формирование нарядов по выполненным работам для расчета заработной платы.
- Система отчетности по выполнению планов, ходу производства, состоянию ресурсов.
- Анализ эффективности использования основных ресурсов (персонала, оборудования).

Компания ГК «1С» специализируется на разработке, дистрибьюции, издании и поддержке

компьютерных программ делового и домашнего назначения [33].

Компания является разработчиком продукта «1С: MES Оперативное управление производством», который предназначен для оперативного планирования и диспетчеризации производственных процессов, а также контроля качества выпускаемой продукции. Данное решение относится к классу MES-систем и позволяет, с учетом ограничений и исходя из текущей производственной ситуации, гибко формировать оптимизированный по заданным критериям оперативный план производства.

Встроенные в 1С: MES механизмы интеграции позволяют применять его совместно с 1С: ERP и 1С: PDM (PLM). В этом случае объемно-календарное планирование, выполнение экономических расчетов и регламентированный учет ведутся в 1С: ERP, конструкторско-технологическая подготовка производства и управление информацией об изделии осуществляются в 1С: PDM (PLM), а пооперационная оптимизация плана производства и управление производственными процессами происходят в 1С: MES.

Продукт 1С: MES позволяет:

- Специалистам планово-экономического отдела – планировать объемы производства, контролировать сроки исполнения плана, контролировать объемы сдельной заработной платы рабочих.
- Специалистам производственно-диспетчерского отдела – формировать этапы производства, осуществлять оперативный контроль производства, контролировать сроки выполнения технологических операций.
- Специалистам отдела материально-технического обеспечения – получать графики потребности в материалах и полуфабрикатах, фиксировать отпуск в производство.
- Специалистам отдела технического контроля – вести учет брака в процессе производства, контролировать показатели качества и их изменение на всех этапах производства.
- Менеджерам по продажам – получать информацию об исполнимости заказа в заданные покупателем сроки.
- Руководителям производственных подразделений – получать информацию о запланированных операциях, назначать исполнителей, контролировать исполнение технологических операций. [34]

Компания ООО «Омегасофтвер Рус» – является разработчиком информационной системы управления Omega Production [35]. Данная система предназначена для комплексной автоматизации дискретных производств с изделиями различной сложности и серийности выпуска. Система является одной из немногих отечественных разработок, охватывающих все переделы производственного процесса предприятия от проектирования и выпуска изделий в техническую подготовку производства до сопровождения продукции в ее эксплуатации [36].

Компания ООО «АСКОН – Бизнес-решения» разрабатывает системы управления инженерными данными и жизненным циклом изделия, системы проектирования технологических процессов, решения для управления качеством подготовки производства по отраслевым стандартам ISO,

системы управления нормативно-справочной информацией [37]. Компания является разработчиком системы автоматизированного управления дискретным позаказным производством – ГОЛЬФСТРИМ. Система обеспечивает следующие возможности:

- Управление портфелем производственных заказов.
- Анализ потребностей производства в ресурсах.
- Управление закупками материалов и комплектации для производства.
- Оперативно-календарное планирование производства.
- Учет/контроль работ в производственных подразделениях.
- Учет материально-производственных запасов (далее – МПЗ).
- Контроль исполнения заказов на производство.
- Учет прямых затрат на производство.
- Технико-экономический анализ производства. [38]

Компания АО «СиСофт Девелопмент» – российский разработчик инженерного программного обеспечения и технологий: САПР, BIM, PLM, комплексных решений для машиностроения, промышленного и гражданского строительства, архитектурного проектирования, землеустройства, электронного документооборота, обработки сканированных чертежей, векторизации и гибридного редактирования [39].

Компания является разработчиком комплексной информационной системы TechnologiCS для автоматизации и информационной поддержки процессов подготовки производства, производственного планирования и оперативного управления в компании. Платформа позволяет различным службам завода работать в режиме реального времени с одной программой и с физически единой базой данных, тем самым обеспечивая оперативность и согласованность действий на всех стадиях – от принятия заказа до отгрузки продукции заказчику [40].

По данным компании J'son & Partners Consulting [41], на динамику российского рынка влияют факторы разной направленности. С одной стороны, сейчас практически остановлено строительство новых производственных объектов, что должно привести к уменьшению общих затрат на АСУ ТП. С другой стороны, на большинстве промышленных предприятий необходимо провести замещение систем АСУ ТП на горизонте 5-10 лет, что потребует увеличения бюджетов.

Дополнительные стимулы для развития российского рынка автоматизации создают требования регуляторов по переводу объектов КИИ на отечественные доверенные ПАКи к 2030 г. В качестве одного из ключевых драйверов развития российского рынка АСУ ТП выделяется рост требований к функциональной и технологической безопасности производств. Это связано как с ростом числа атак на информационную инфраструктуру предприятий, так и с растущими требованиями регуляторов по защите критической инфраструктуры.

Эксперты отмечают, что уже происходит и будет усиливаться перераспределение объема закупок в пользу российских вендоров. Как оценивают опрошенные представители крупного бизнеса, доля российских решений в ближайшие годы должна будет вырасти «не в разы, а на порядок (10-20

кратный рост)».

Среди ключевых трендов и драйверов российского рынка аналитики J'son & Partners Consulting отмечают:

- Уход ключевых вендоров (зависимость от вендоров составляла от 70% до 97% по разным рассматриваемым сегментам).
- Высокий темп рост производства российских вендоров АСУ ТП.
- Необходимость повышения эффективности производства в высококонкурентных отраслях.
- Изменение ролей на рынке, рост вовлеченности и компетенций промышленных потребителей.
- Интерес к открытой архитектуре АСУ ТП.
- Растущая стоимость решений АСУ ТП для потребителей.

Основной запрос промышленных потребителей решений АСУ ТП – поставка вендором комплексных интегрированных решений, включающих в себя аппаратную часть, системное и прикладное ПО и услуги по интеграции и сопровождению. Наиболее критично это требование для рынка РСУ (DCN). Потребитель ожидает, что вендор не только соберет для него комплексное решение, но и возьмет на себя ответственность за поддержку в течение жизненного цикла.

Наиболее дефицитными позициями в секторе ПЛК остаются высокоскоростные (с циклами от 50 миллисекунд) и высокопроизводительные контроллеры.

Перспективные ниши для развития эксперты видят в разработке программных решений для АСУ ТП. Разработка ПО не требует больших капитальных инвестиций и позволяет быстро выводить на рынок актуальные продукты. Отмечается, что перспективным является не просто вывод на рынок продуктов, аналогичных тем, что поставляли ушедшие западные вендоры, а необходимо предложить рынку продукты с более расширенным функционалом, объединяющие решения АСУ ТП с технологиями машинного обучения, Advanced Process Control и другие.

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА

Настоящая глава посвящена анализу технологических тенденции развития мирового и российского рынка средств управления производственными процессами (MES) по блокам (разделам):

- Технологические тренды развития систем. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы (примеры).
- Обзор ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД). Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД.

2.1. Технологические тренды развития систем. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы (примеры)

Глобальные технологические изменения в промышленности позволяют говорить о новой промышленной революции [42], понимаемой ведущими консалтинговыми организациями как создание «Индустрии 4.0». В рамках этой концепции в промышленности осуществляется переход от отдельных решений по автоматизации и оцифровке производственных блоков к комплексным программам по цифровой трансформации операционных процессов, включающих в себя весь спектр направлений в области передовых производственных технологий. К критически значимым, по оценке международных консалтинговых корпораций, информационных агентств и профессиональных объединений, относятся такие технологические направления, как искусственный интеллект, в т.ч. генеративный искусственный интеллект, распространение No-Code/Low-Code подходов; облачные технологии и сервисы; комплексные платформенные решения и гибкие модульные системы во всех областях [43; 44].

В 2024 году ландшафт систем управления производством (MES) и управления производственными операциями (MOM) продолжает развиваться. Достижения в этих технологиях обещают повышение операционной эффективности и открытие новых путей для инноваций в производственном секторе, особенно в пищевой промышленности, производстве потребительских товаров и фармацевтической промышленности.

Отдельно нужно выделить рост роли системных интеграторов [45]. Системные интеграторы заполняют пробел между технологическим потенциалом и практическим, эффективным применением в производственных средах. Они играют ключевую роль в процессах:

- Настройки и внедрения: адаптация этих передовых технологий к конкретным потребностям производственной установки.
- Интеграция: бесшовная интеграция новых решений с существующими системами MES и MOM, обеспечивающая совместимость и минимальные сбои.

- Обучение и поддержка: предоставление необходимого обучения и поддержки для обеспечения того, чтобы сотрудники были готовы эффективно использовать эти новые технологии.

Интеграция этих технологических тенденций с MES и MOM может стать значительным шагом вперед для производителей. Растет спрос на технологических партнеров и системных интеграторов, которые понимают уникальные проблемы и возможности каждой конкретной компании и могут поддержать клиента на пути цифровизации.

В современных условиях для России ключевой угрозой, в частности, отмеченной в Концепции технологического развития до 2030 года [46], становится недостаточные возможности национальной экономики по адаптации к глобальным трендам, имеющим системный характер, что способно привести к структурным деформациям экономики и повысить социальную напряженность. Для ответа на внутренние и внешние вызовы необходимы разработка и внедрение новых, прежде всего «сквозных» (т.е. оказывающих существенное влияние на развитие совокупности рынков/отраслей), технологий. Предварительный перечень таких технологий, закрепленный Концепцией технологического развития до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года, включает: технологии обработки и передачи данных (в т.ч. искусственный интеллект, включая технологии машинного обучения и когнитивные технологии), технологии в сфере энергетики, новые производственные технологии, биотехнологии и технологии живых систем, технологии снижения антропогенного воздействия и перспективные космические системы и сервисы [46].

Необходимо отметить, что в контексте инженерного программного обеспечения наиболее актуальными являются такие «сквозные» технологии как:

- Искусственный интеллект.
- Квантовые технологии.
- Современные и перспективные сети мобильной связи.
- Технологии виртуальной и дополненной реальности.
- Технологии больших данных.
- Технологии распределенного реестра.
- Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы.

При этом перспективы использования вышеуказанных групп технологий имеют определенную специфику в зависимости от класса рассматриваемого инженерного ПО. В таблице ниже представлена ключевая информация о перспективных направлениях использования «сквозных» цифровых технологий, составленная на основе тенденций технологического развития, а также приведен ряд конкретных рыночных кейсов в разрезе класса «средства управления производственными процессами (MES)» (Таблица 3).

Таблица 3. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы

№	Сквозные/ цифровые технологии	Основные перспективные направление использования в разрезе класса	Примеры кейсов использования
1	Искусственный интеллект	• Умный мониторинг на уровне цеха, в т.ч. предиктивная аналитика и предиктивное обслуживание оборудования. • Автоматизация и оптимизация производственных процессов, в т.ч. мониторинг и оптимизация качества производимой продукции за счет умных систем оценки с применением машинного зрения. • Оптимизация цепочек поставок.	• Оптимизация процесса финальной сборки продукции с учетом навыков персонала на заводах компании Haier. • Гибкие сквозные модели производства на основе ИИ на заводах CITIC Pacic Special Steel, позволяющие реагировать на изменения мелкосерийного спроса. • Оптимизация параметров преформ и процессов волочения оптоволокна с помощью ИИ-модели на заводе компании Hengtong Alpha Optic-Electric. • ИИ для точного отслеживания дефектов и анализа первопричин брака на заводах компании LONGi [47; 48].
2	Квантовые технологии	Квантовые технологии находятся на ранней стадии развития и решения на их основе еще не внедряются в сферу MES	-
3	Современные и перспективные сети мобильной связи	• Интеграция MES-систем и IIoT, создание комплексных программно-аппаратных решений по управлению производством. • Удаленный мониторинг, дистанционное управление производственными процессами. • Отслеживание производственных процессов в режиме реального времени, оптимизация работы оборудования и цепочек поставок. • Передача данных в режиме реального времени, возможность принятия оперативных решений по управлению производственными процессами.	• Siemens: SIMATIC IT – MES-система, обеспечивающая возможность работы с данными, поступающими от сенсоров и датчиков, посредством мобильной сети. • Advantech: 5G для тяжелого машиностроения – обеспечение системы связи (развертывание сети 5G) при автоматизации производственного предприятия. • Интеграция MES-системы в единую сеть со станками с ЧПУ.

№	Сквозные/ цифровые технологии	Основные перспективные направление использования в разрезе класса	Примеры кейсов использования
		• Расширение спектра применения подключенных устройств за счет внедрения 5G наряду со стандартами NB-IoT, LTE-M, LoRa и Sigfox.	
4	Технологии виртуальной и дополненной реальности	Технологии дополненной реальности (AR) для объединения технологического оборудования с данными [49]	Интеграция дополненной реальности (AR) в систему управления производственными операциями DELMIA Apriso [50]
5	Технологии больших данных	Обеспечение сбора больших данных	Siemens Opcenter Execution поддерживает сложные рабочие процессы, массовую настройку, высокие требования к отслеживаемости производства и автоматизированный сбор больших объемов данных
6	Технологии распределенного реестра	Технологии распределенного реестра не применяются в сфере MES сколь-нибудь широко	-
7	Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы	• Управление умными производственными линиями. • Обеспечение безопасности данных через создание резервных копий. • Обеспечение доступности данных.	• Использование SAP Digital Manufacturing, которая позволяет, управлять умными производственными линиями, компанией ZEISS Group [51]. • Использование Plex Smart Manufacturing Platform, которая позволяет создавать резервные копии данных и предоставлять доступ к данным из любого места, компанией JF Fredericks Aero [52].

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

2.1.1. Искусственный интеллект

Основные ожидания в сфере реализации ИИ в MES-системах, согласно прогнозам таких консалтерских организаций как McKinsey и Deloitte [53], можно свести к следующим:

- **Предиктивное обслуживание**: ИИ будет предсказывать поломки оборудования до их возникновения, сокращая время простоя и расходы на обслуживание.
- **Умное производство**: автоматизация на основе ИИ позволит оптимизировать производственные процессы, повысить эффективность и качество продукции.

- **Оптимизация цепочек поставок**: искусственный интеллект улучшит управление цепочками поставок за счет прогнозирования спроса, оптимизации запасов и улучшения логистики.
- **Совместная работа человека и роботов**: коллаборативные роботы (коботы) на базе ИИ повысят производительность и безопасность труда.

Кейсы, выделенные Всемирным экономическим форумом

К числу наиболее показательных кейсов внедрения ИИ-технологий в разрезе класса средства управления производственными процессами (MES), можно отнести кейсы, собранные экспертами Всемирного экономического форума [48]:

- Компания Haier (китайский производитель бытовой техники) [54] оптимизирует процесс финальной сборки продукции, анализируя уровень навыков персонала, эффективность процессов, оборудования и материалов, для лучшего распределения производственных мощностей и ресурсов.
- Компания CITIC Pacic Special Steel (производитель спецсталей, Китай) [55] использует управляемые искусственным интеллектом гибкие модели производства на всех этапах работы: обработки в печи, прокатки и охлаждения металлургической продукции, что позволяет лучше удовлетворять колебания спроса на продукты компании.
- Компания Hengtong Alpha Optic-Electric (международное предприятие, специализирующееся на производстве оптоволокна, силовых и морских кабелей, а также на деятельности в сфере новой энергетики, новых материалов, электронной торговли, больших данных и IoT) [55] автоматически оптимизирует параметры преформирования и волочения оптоволокна с помощью модели, обученной на основе ранее использованных методов управления параметрами продуктов.
- LONGi (один из крупнейших в мире производителей кремниевых пластин, фотоэлементов и солнечных модулей, Китай) [55] использует искусственный интеллект для точного отслеживания дефектов и анализа первопричин с помощью мультимодального анализа изображений, отслеживания по признакам и экспертной системы оценки качества с замкнутым циклом.
- Производитель керамики VitrA Karo (Турция) [56] устанавливает пороги отбраковки с помощью компьютерного зрения за счет автоматического обнаружения и изъятия бракованных плиток при входе в печь.

2.1.2. Квантовые технологии

На данный момент непосредственно квантовые технологии находятся на ранней стадии развития и решения на их основе еще не внедряются в сферу MES.

2.1.3. Современные и перспективные сети мобильной связи

Современные и перспективные сети мобильной связи являются одним из элементов, поддерживающих функционирование средств управления производственными процессами (MES), предназначенных для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках конкретных производств.

В настоящее время в международной промышленности продолжается расширение внедрения пятого поколения мобильной связи, действующего на основе стандартов телекоммуникаций (5G/IMT-2020), следующих за существующими стандартами 4G/IMT-Advanced. Наряду со стандартами NB-IoT, LTE-M, LoRa и Sigfox сети 5G расширят спектр и возможности применения подключенных устройств. Развитие сетей мобильной связи является базой для развертывания интернета вещей (IoT) и индустриального интернета вещей (IIoT), обеспечивающего сбор и обмен данными, с возможностью удаленного контроля и управления объектами в автоматизированном режиме за счет их интеграции с компьютерными сетями посредством специализированного ПО и встроенных датчиков.

Кейс Siemens: SIMATIC IT

MES-система SIMATIC IT (в настоящее время, являющаяся частью пакета Opcenter) [58] включает в себя решения для систем управления производством, в частности обеспечивает работу с пунктами сбора данных, предполагающую сбор/интеграцию/передачу информации, поступающую от сенсоров и датчиков, посредством мобильной сети. Функционал SIMATIC IT включает отслеживание дефектов и управление несоответствиями (отклонениями от спецификации, стандартов или ожиданий) изделий:

- Отслеживание дефектов.
- Управление несоответствиями на основе каталога проблем.
- Управление жизненным циклом несоответствий.
- Управление процессами доработки, устранения дефектов и несоответствий [58].

При этом необходимо отметить, что продукты Siemens включают специализированные системы сбора данных [59], а также решения на базе частной индустриальной сети 5G [60].

Кейс Advantech: 5G для тяжелого машиностроения

Цель проекта: обеспечение системы связи (развертывание сети 5G) при автоматизации производственного предприятия.

Заказчик: китайская международная компания, производитель экскаваторов, кранов, колесных погрузчиков и другой тяжелой техники (название компании не раскрывается).

Задачи:

- Интеграция MES-системы в единую сеть со станками с ЧПУ для конвергенции информационных и операционных технологий.

- Сбор данных от двигателей, сервоприводов, основных осей, в т.ч. информации о времени работы станков с ЧПУ для обеспечения профилактического обслуживания.
- Управление производственными процессами, координация работы модулей отслеживания и мониторинга на всех производственных станциях.

Компания Advantech – один из крупнейших в мире производителей вычислительной техники для промышленной автоматизации, встраиваемых систем и телекоммуникаций – предоставила интегрированный пограничный контроллер UNO-137 промышленного класса, использующий встроенный модуль AIW-355 с поддержкой 5G. Контроллер собирает данные со станков с ЧПУ (Siemens/MAZAK) и передает их в MES-систему через частную сеть 5G, предоставленную телекоммуникационной компанией.

Рисунок 4. Схема системы MES/IIoT на базе решения Advantech

Источник: Advantech,5G Deployment in Heavy Machinery Manufacturing [61]

Российские компании также занимаются интеграцией совместной работы для упрощения работы на производстве. Так ООО «АСКОН – Системы проектирования» (разработчик Лоцман:PLM и MES-систему «Гольфстрим») ведут совместно с компанией «Сигнум» специализирующейся в технологиях IIoT работу по созданию «умной фабрики». Технологические данные из системы Лоцман:PLM передаются в MES-систему «Гольфстрим» – в ней происходит формирование производственного плана и заданий на производство. Благодаря интеграции с системой мониторинга оборудования «WINNUM» задание из «Гольфстрим» поступает на АРМ оператора «WINNUM Pad», а оттуда непосредственно на станок. Фактические данные о работе станков «считываются» системой «WINNUM», анализируются и используются при производственном планировании.

2.1.4. Технологии виртуальной и дополненной реальности

Ключевым направлением использования технологий виртуальной и дополненной реальности (AR/VR) в контексте MES-систем является интеграция программ обучения на основе данных технологий с системами управления производственными процессами для отслеживания производительности труда [49]. При этом в дальнейшем ожидается переход от одиночных AR/VR-решений к интегрированным платформам [62].

Кейс CJLR

CJLR – совместное предприятие CHERY и Jaguar Land Rover с заводом в Чаншу (Китай), выпускающее 130 000 автомобилей премиум-класса в год. Система смешанной реальности GE Digital и CJLR используется для управления сборкой новых автомобилей на этапе производства. Благодаря интеграции гарнитур смешанной реальности Microsoft Hololens с комплексом MES-решений GE Digital, CJLR освобождает трудовые ресурсы, сокращает количество рабочих операций и эффективно улучшает время выполнения заказа.

Применение AR/VR позволяет значительно снизить стоимость производства шасси автомобиля и других деталей на этапе производства, а также улучшить качество сборки и увеличить скорость производства. Кроме того, использование AR/VR значительно повышает эффективность обучения новых сотрудников, а также решать производственные проблемы значительно быстрее, чем раньше [63].

2.1.5. Технологии распределенного реестра

Функционал технологий распределенного реестра более востребован в контексте систем управления жизненным циклом изделия (PLM). Кроме того, технологии распределенного реестра соприкасаются с CAE-системами через пересечение в составе сложных CAD/CAE/CAM-комплексов программного обеспечения. В то же время, в разрезе класса средства управления производственными процессами (MES), актуальность рассматриваемого технологического направления относительно невелика.

2.1.6. Технологии больших данных

Современные MES-системы становятся все более сложными и обрабатывают непрерывно растущий объем данных. Технологии работы с большими данными, связанные с анализом исторических данных, полученных от оборудования предиктивной аналитикой и прогнозированием нештатных ситуаций, активно внедряются наиболее технологически продвинутыми предприятиями.

Кейс Siemens: работа с большими данными в рамках MES/MOM-платформы Siemens Opcenter Execution

Система Siemens Opcenter Execution обеспечивает полную видимость каждого производственного участка и позволяет контролировать качество продукции и эффективность производства. Система управления производством поддерживает сложные рабочие процессы, массовую настройку, высокие требования к отслеживаемости производства и автоматизированный сбор больших объемов данных. Она контролирует несколько производственных линий, производственных предприятий и сетей поставщиков, передает данные о проверках качества и отслеживает выход продукции и другие ключевые показатели эффективности в режиме реального времени. Opcenter Execution

предоставляет актуальную отчетность о фактических производственных операциях, а также сравнение с историческими и ожидаемыми результатами. Что позволяет предоставлять обратную связь для проведения анализа первопричин и быстрого решения производственных проблем [64].

2.1.7. Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы

Облачные MES получают все большее распространение. Новые платформы данных приводят к увеличению количества облачных сервисов, когда поставщики и третьи стороны получают доступ к приложениям для обслуживания, обновлений и других новых услуг по оптимизации. Ожидается, что архитектура «Software-as-a-Service» будет расти значительно быстрее, чем архитектура «Lift and Shift», благодаря простой начальной настройке и интеграции с существующей облачной программной инфраструктурой. Также ожидается, что миграция «Lift and Shift» на основе частного облака будет доминирующим типом облака для развертывания MES, поскольку оно обеспечивает полный контроль и владение инфраструктурой, данными и операциями для конечного пользователя, однако изначально это зачастую дороже, чем использование общедоступной облачной «Lift and Shift» [65].

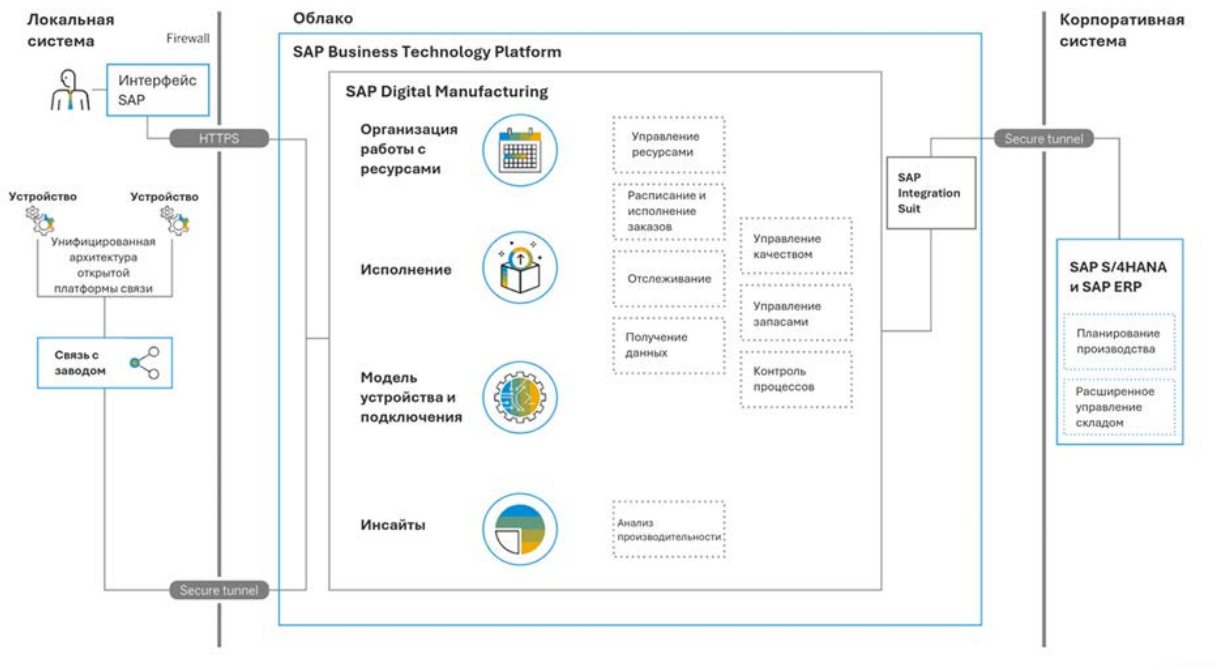
С точки зрения специалистов консалтинговой организации ARC Advisory Group [66] и сотрудников американской компании, производящей оборудование для энергетической отрасли, GE Vernova [49], для расширенной аналитики часто требуется объем данных, который лучше всего работает в удаленном облаке. Возможность совместной работы и использование корпоративной производственной аналитики также приводит к появлению новых удаленных сервисов.

Кейс ZEISS Group

Ведущий поставщик оптических технологий Carl Zeiss AG (ZEISS Group) использует облачную платформу SAP Digital Manufacturing для поддержки «умных» производственных линий. Связь между MES и цехом позволяет ZEISS Group отправлять информацию о производственном заказе с MES непосредственно в цех, а также исключает ручной ввод данных, и на основе различных действий и событий SAP Digital Manufacturing предлагает конкретную информацию для межмашинного обмена.

Платформа SAP Business Technology Platform (SAP BTP) была использована для создания технической основы для управления и аудита процессов, а также для интеграции с приложением SAP ERP и другими пользовательскими приложениями, как показано на схеме архитектуры ниже. Это позволило создать связь между производственными и бизнес-операциями, благодаря чему производственные заказы, размещенные в SAP ERP, передаются в MES для утверждения.

Рисунок 5. Интеграция MES с другими корпоративными приложениями SAP



Источник: SAP, ZEISS Group: Combining process innovation and digital transformation to reshape manufacturing in a highly regulated environment [51]

Решение позволяет компании добиться прослеживаемости, включая сбор полной истории продукта.

Кейс JF Fredericks Aero

Компания JF Fredericks Aero, специализирующаяся на производстве аэрокосмических компонентов для крупных производителей авиационных двигателей, внедрила облачную MES-систему Plex Smart Manufacturing Platform. Облако позволяет создавать резервные копии данных и обеспечивает другие факторы снижения рисков, которые могут помочь поддерживать работу бизнеса даже в случае крупных сбоев компьютеров. Внедрение облачного решения также означает, что лица, принимающие решения, могут получить доступ к необходимой им информации с основного завода или дочерней компании без необходимости использовать VPN. Более того, внедрение облачной MES-системы позволило выстроить доверительные отношения с клиентами благодаря предоставлению информации о производственных процессах в режиме реального времени [52].

2.1.8. Общие выводы

К наиболее важным технологическим тенденциям, влияющим на развитие MES-систем, следует отнести, в первую очередь, многочисленные технологии искусственного интеллекта, технологии перспективной мобильной связи (5G и промышленный интернет вещей), а также облачные технологии.

Сочетание технологий искусственного интеллекта и облачных технологий уже активно внедряется в промышленное производство в рамках традиционной автоматизации промышленности. С

развитием передовой мобильной связи можно ожидать резкого ускорения роста данного направления по мере разрешения санкционных конфликтов в области технологий 5G и распространения сотовых сетей нового поколения в мировой экономике.

2.2. Обзор ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД). Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД

В рамках настоящего раздела проводится количественный и качественный анализ ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД) в области средств управления производственными процессами (MES) по блокам (подразделам):

- Динамика РИД в России по направлению, ед. за период 2017-2024.
- Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД.

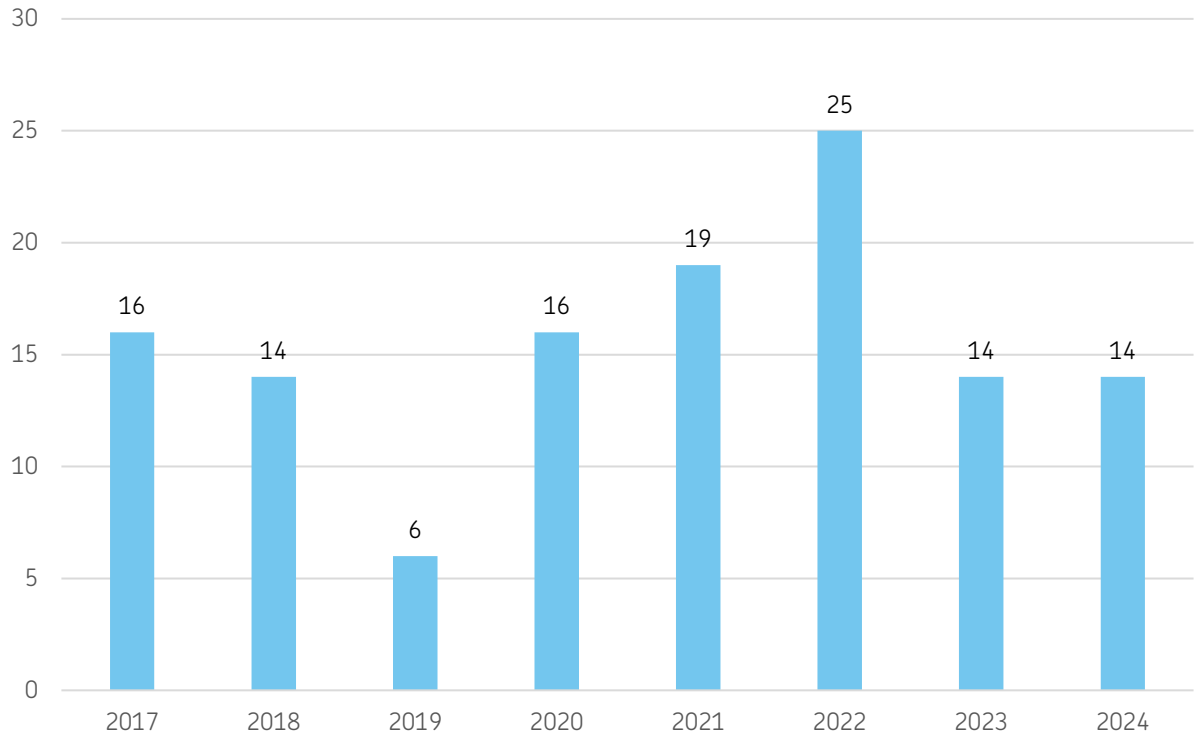
В ходе анализа рассматриваются программы для ЭВМ, зарегистрированные в системе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС) [67] по следующим ключевым словам: «Manufacturing Execution System», «MES software», «Manufacturing Execution Systems (MES)», «Manufacturing Execution System (MES)», «Computer Integrated Manufacturing», «Средства управления производственными процессами». Кроме того, в рамках работы учитываются актуальные программные продукты, включенные в реестр российского программного обеспечения [68].

2.2.1. Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024

Ключевым источником информации для анализа динамики РИД в России по направлению «средства управления производственными процессами (MES)» является система Федерального института промышленной собственности [67]. В данном разделе было проанализирована динамика регистрации MES-систем в ФИПС с 2017 по 2024 гг. (Рисунок 6)

Рисунок 6. Количество результатов интеллектуальной деятельности по направлению, ед.

* данные по состоянию на 24.08.2024



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» [67]

С 2017 по 2019 гг. наблюдалось снижение в регистрации патентов на MES-системы, за период количество регистраций снизилось на 63%. Который сменился ростом регистраций с 2020 по 2022 гг. (на 56%). После в 2023 г. снова уменьшилось количество регистраций (на 44%).

2.2.2. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД

В качестве ключевых научных разработок в области MES-систем в рамках настоящего подраздела рассматриваются ТОП-10 последних актуальных программных продуктов, включенных в реестр российского программного обеспечения [68], относящихся к классу программного обеспечения по классификатору, утвержденному приказом от 22.09.2020 № 486 [69] «09.02 Средства управления производственными процессами (MES)» и зарегистрированные в системе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» [67] (Таблица 4).

Таблица 4. Ключевые разработки в России в части РИД в области средств управления производственными процессами (MES)

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
1	12.04.2024	30.07.2024	СИНАПС. Платформа для построения систем управления производством	Акционерное общество «СИНЕТИК»	ПО СИНАПС является комплексом программных модулей, построенных по архитектуре СОА, выполняющих следующие функции: построение информационной модели данных; получение и гарантированная доставка данных от источников данных (в т.ч. сторонних ИС); обработка, запись, хранение и предоставление данных (в т.ч. сторонним ИС); расчеты на основании текущих и исторических данных; представление текущих и исторических данных в настраиваемом интерфейсе пользователя; сигнализация по отслеживаемым уровням; сообщения пользователю о событиях; контроль состояния, учет наработки оборудования; управление доступом к сегментам ПИ ПО СИНАПС на основе ролей.
2	18.04.2024	24.05.2024	АВАСОФТ MES	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АВАСОФТ СИСТЕМЫ»	Программа предназначена для эффективного управления административно-хозяйственной деятельностью предприятия. Область применения: производство. Функциональные возможности программы: комплексная информационная система управления производством, управление

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
					качеством, планирование ресурсов, автоматизация бизнес-процессов.
3	02.02.2024	14.05.2024	«LANIT SMART MANUFACTURING» (LSM)	Акционерное общество Лаборатория новых информационных технологий «ЛАНИТ»	Программа предназначена для автоматизации бизнес-процессов планово-диспетчерского отдела, диспетчерских бюро и цехов в части оперативного планирования и управления производством на уровне рабочих мест. Программа содержит функционал получения исходных данных планирования, формирования производственного расписания, а также регистрации факта его выполнения.
4	23.05.2023	14.05.2024	ExeMES	Общество с ограниченной ответственностью «ЭкзеПлэнт»	Программа предназначена для решения задач оперативного управления производством и относиться к классу систем MES. Программа может использоваться в оперативном контуре управления производством для предприятий дискретного, дискретно-непрерывного и непрерывного типа.
5	13.01.2020	01.11.2023	Система управления производственными процессами MES.lite («MES.lite»)	Общество с ограниченной ответственностью «Креатив Рус»	Программа предназначена для управления производственными процессами на сборочном предприятии. Область применения: управление

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
					производственными процессами на сборочных производствах.
6	13.03.2023	17.10.2023	MES4FOOD: Комплект поддержки	Общество с ограниченной ответственностью «Константа ИТ»	MES4FOOD: Комплект поддержки состоит из комплекта тестов, покрывающих следующие подсистемы: • Оперативный учет на производстве (MES). • Управление качеством. • Сырьевая себестоимость. • Учет сдельной заработной платы. • Маркировка. • Складская логистика.
7	02.06.2023	04.10.2023	Система автоматизированного управления производством ГОЛЬФСТРИМ 9	Общество с ограниченной ответственностью «АСКОН-Бизнес-решения»	Программа позволяет выполнять следующие функций: управлять портфелем заказов; формировать и анализировать производственную программу на плановый период; оценивать плановые и фактические затраты на производство заказов с разделением по статьям затрат; выполнять оперативно-календарное планирование производства; управлять производственными спецификациями изделий; рассчитывать потребности в материалах и комплектующих и составлять графики закупки; анализировать загрузку производственных мощностей; формировать и

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
					учитывать выполнение рабочих нарядов, сменно-суточных заданий.
8	13.03.2023	05.09.2023	TALARIX MES	Общество с ограниченной ответственностью «Таларикс»	TALARIX MES – предназначена для управления производственной логистикой мясоперерабатывающих предприятий или животноводческих комплексов. Система представляет собой аппаратно-программный комплекс, основной целью которого является количественно-качественный учет и контроль сырья, товарных полуфабрикатов, готовой продукции и производимых операций непосредственно на мясоперерабатывающем производстве по пунктам контроля с подключением весового оборудования в режиме онлайн.
9	28.01.2022	09.08.2023	Prof-IT MES: Оперативное управление производством	Общество с ограниченной ответственностью «ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА»	Программа состоит из двух основных модулей: MES – предназначен для диспетчеризации производства, организации прослеживаемости и управления производственными процессами, формирования оперативной и аналитической отчетности; QMS – предназначен для автоматизации процесса ввода несоответствий, выявленных в ходе производства, обеспечения мероприятий для

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
					улучшения качества выпускаемой продукции с отслеживанием их эффективности. Реализован функционал: • Управления маршрутом. • Управления подсборками. • Контроля установки и регистрации номерного оборудования. • Интеграции с производственным оборудованием. • Регистрации несоответствий. • Эскалации критических ситуаций.
10	12.04.2024	30.07.2024	СИНАПС. Платформа для построения систем управления производством	Акционерное общество «СИНЕТИК»	ПО СИНАПС является комплексом программных модулей, построенных по архитектуре СОА, выполняющих следующие функции: построение информационной модели данных; получение и гарантированная доставка данных от источников данных (в т.ч. сторонних ИС); обработка, запись, хранение и предоставление данных (в т.ч. сторонним ИС); расчеты на основании текущих и исторических данных; представление текущих и исторических данных в настраиваемом интерфейсе пользователя; сигнализация по отслеживаемым уровням; сообщения пользователю о событиях; контроль

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
					состояния, учет наработки оборудования; управление доступом к сегментам ПИ ПО СИНАПС на основе ролей.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [68], Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» [67]

Данные реестра отечественного программного обеспечения и базы Федерального института промышленной собственности позволяют утверждать, что MES-системы относительно многочисленны, достаточно часто специализированы для конкретной отрасли или подотрасли промышленности, могут разрабатываться даже отдельными исследователями (в базе патентов присутствуют патентообладатели – физические лица, что нехарактерно для PLM или CAE-систем).

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЛИЗОВ ОБНОВЛЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ MES В 2024 Г. (ЗА ПЕРИОД ДО КОНЦА 2024 Г.)

В данной главе представлен анализ обновлений, реализованных в MES-системах в течение 2024 года, а также выявление основных тенденций их развития. Исследование сосредоточено на следующих аспектах:

- Обновления функциональных возможностей зарубежных MES-систем, включая улучшение инструментов управления производственными процессами, внедрение новых методов сбора и обработки данных, а также адаптацию к глобальным стандартам безопасности и др.
- Изменения в российских MES-системах, акцентирующие внимание на развитие собственных решений, обеспечение импортонезависимости и удовлетворение специфических требований отечественных производственных предприятий.
- Итоговый анализ выявленных тенденций и приоритетов, определяющий ключевые направления развития MES-систем в 2024 году.

3.1. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей зарубежных систем в 2024 г.

В разделе представлен краткий обзор ключевых функциональных возможностей зарубежных систем, обновление и доработка которых состоялась в 2024 году. Для анализа были отобраны крупные компании разработчики рынка MES систем, в числе которых Siemens, GE, Oracle, Rockwell Automation, ABB, SAP, Tulip и др.

Результаты представлены в Таблице 5, которая содержит наименования разработчиков, дату выпуска обновления и описание обновлений и улучшений. Эта информация предназначена для предоставления актуальной информации о новых релизах и ознакомления с новыми возможностями, предлагаемыми зарубежными системами для решения соответствующих задач.

Таблица 5. Сведения о релизах обновлений функциональных возможностей зарубежных систем в 2024 г.

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
1	Dassault Systemes SE	Декабрь 2023 г.	**DELMIA Ortems –** решения для гибкого планирования, составления графиков и производства [70]. **Версия: 8 (R2024)** [71] 1. Управление сроком хранения (Shelf Life management): • Возможность назначения срока годности для готовых изделий и полуфабрикатов, используемых в заказах на поставку для расчета их текущей даты истечения.

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			• Возможность определения требуемого срока хранения (как дополнительного). • Новые инструменты анализа: выделение, фильтрация, цветовая схема, ключевые показатели эффективности и др. 2. Управление запасами (Stock orders): • Возможность создания заказов на товарный запас с моделированием количества на складе или подлежащего поставке • Заказы могут быть переданы из внешней системы и др. 3. Расширение возможности отмены действий пользователя: заказы на производство, операции (заморозить и пр.), модификация вторичных ресурсов для операций и др. 4. Возможность назначения цветовой гаммы для элементов и др. 5. Окончание поддержки сервера лицензий Sentinel LM 6. Обновленная сертификация: интеграция с SAP S/4 HANA (действительна до июля 2026 г.)
2	Siemens AG	Февраль- Декабрь 2024 г.	**Программный продукт: Opcenter Execution Discrete –** специализированная система управления производством для отдельных производственных цехов и сложных сборочных операций [72]. **Версия: 2401** [72] **(**февраль 2024 г.) 1. Представлены новые операторские терминалы, каждый из которых предназначен для конкретных процессов и отраслей промышленности. Терминалы поддерживают процессы серийного производства, предоставляя операторам линий необходимую информацию и рекомендации для выполнения их задач. Включает в себя декларирование конкретных объемов производства и поддержку пакетного и гибкого серийного производства. 2. Добавлена возможность использования приложения «Quality app», которое позволяет управлять переменными, атрибутивными или визуальными проверками деталей/процесса на качество. Приложение поддерживает различные типы проверок, включая проверки с заданным периодом, проверки по времени и составными частям и др. 3. Приложение «complex manufacturing» для серийного производства предоставляет несколько новых возможностей, в том числе: • Загрузка документов во время выполнения операции. • Управление несоответствиями. • Полная поддержка сопутствующих продуктов.

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			• Отслеживание времени для непроизводительных операций. 4. Приложение для предварительного просмотра производственного планирования позволяет в реальном времени отслеживать действия оператора с введенной в «Opcenter» информацией. **5.** Возможность интеграции с универсальной ERP-системой для получения производственных заказов во время выполнения маршрутизации операций. Система может автоматически объединять данные из каталога операций в «Opcenter», чтобы дополнить операцию производственного заказа. **Программный продукт: Opcenter Intelligence Cloud** **Версия: 2401** [73] **(февраль 2024 г.)** 1. Анализ влияния производственных потерь на рабочие заказы и прохождение узких мест, связанных с низкой производительностью. 2. Панель управления расходом материалов OOTB. 3. Модель данных для отслеживания истории обработки контейнеров с материалами. 4. Функция «очистки» для управления хранилищем производственных данных и др. **Программный продукт: Opcenter Execution Process** **Версия: 2407** [74] **(август 2024 г.)** 1. Интеграция с Teamcenter Easy Plan. 2. Интеграция с Opcenter Intra Plant Logistics для гармонизации и оптимизации работы цеха по производству и логистике. 3. Анализ статистического контроля процессов (SPC) на основе данных о качестве и производстве для анализа тенденций и закономерностей в данных, принятия решений на основе данных и внедрения инициатив по постоянному совершенствованию. 4. Встроенная интеграция с Opcenter Intelligence и Insights Hub для обеспечения прослеживаемости между системами и площадками, возможностей управления производительностью производства. 5. Дополнительные возможности для шаблонов операций с «низким кодом»: добавлена функция потребления ресурсов, которая облегчает работу операторов в процессе производства, обеспечивая точное потребление материалов и сокращая количество ошибок. 6. Добавлены новые шаблоны для операторов производства и инженеров-технологов.

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			7. Улучшена навигация между приложениями для быстрого перехода из текущего приложения пользовательского интерфейса в любое другое развернутое приложение пользовательского интерфейса без необходимости ввода целевого URL-адреса или повторного прохождения процедуры входа в систему и др. **Программный продукт: Opcenter Execution Pharma** **Версия: 2411** [75] **(декабрь 2024 г.)** 1. Улучшен процесс создания циклических операций: циклические действия создаются с помощью одного элемента рабочего процесса, определяющего связанные процессы, периодичность и временные интервалы. 2. В приложении кабины оператора доступен новый вид контроля циклических операций, в котором отображаются таймеры, предупреждающие операторов о срочных циклических задачах, что повышает возможность своевременного выполнения. 3. Test Execution & Verification (TEV) PBC позволяет управлять интегрированными сценариями качества в рабочем процессе Opcenter EX Pharma, запуская контроль качества на уровне задач. В механизме рабочего процесса PI Management предусмотрен новый элемент «Тестирование на линии», чтобы оптимизировать действия по взятию образцов непосредственно из кабины оператора во время выполнения. 4. Сценарии внутрипроизводственного контроля (In-process control, IPC) можно легко моделировать, включив новый элемент задачи поточного тестирования в несколько подпроцессов циклических операций. 5. Улучшения в журнале учета оборудования (связь конкретных действий с типами оборудования с ограничением вариантов действий; назначение дополнительных атрибутов для записей журнала на основе комбинации «тип оборудования-действие-поддействие»; определение дополнительных атрибутов в качестве обязательных и др.). **6.** Интеграция с Opcenter Intelligence (решение для производственных панелей мониторинга и КПЭ – Ключевых показателей эффективности) и др.
3	Nulogy Ltd (Mingo Smart Factory LLC.)	Август 2024 г.	**Программный продукт: Mingo Smart Factory –** платформа, которая анализирует данные с заводских участков и предоставляет ключевые показатели [76]. **Версия: August 2024** [77] 1. Появился экран оператора с полным набором функциональных возможностей, доступный непосредственно в мобильном приложении «Mingo Smart Factory». Теперь можно получить

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			доступ к переналадке и простоям, как только они происходят, на мобильном телефоне. Фильтры и выбор работают так же, как и в приложении веб-сайта. 2. Добавлена возможность для пользователей по автоматизации действий с формами на экране оператора на основе пользовательского набора критериев. Это может быть, например, полезно, если производители хотят выполнить проверку качества первой детали, которая была произведена в начале смены. 3. Добавлена функция проверки числовых полей, которая позволяет пользователям устанавливать диапазоны числовых записей в формах для проверки данных. Это позволяет убедиться в том, что данные будут точны в системе, когда сотрудники вводят информацию. 4. Теперь пользователям стало еще проще создавать отчеты для форм. Этот отчет включает в себя данные о том, какие формы были заполнены, а какие нет, а также среднее время, затраченное на заполнение формы. Панель также позволяет отправлять оповещения, если форма находится в режиме ожидания в течение длительного периода времени. 5. Возможность создания оповещения на основе расписания. Одним из примеров оповещения является автоматическое заполнение форм для операторов. Это может быть полезно, если производителям необходимо запланировать регулярные проверки качества.
4	Queris Sp. z o.o.	Ноябрь 2023 г. (версия актуальна на 2024 год)	**Программный продукт: Queris MES –** программный инструмент для расширенного управления производством [78]. **Версия: 3.51** [79] 1. Расширена поддержка производственных этикеток со штрих-кодами. В результате управление этикетками непосредственно в системе (создание, хранение, печать или распространение внутренних и внешних этикеток для конечного потребителя) становится проще и интуитивно понятнее. 2. Добавлен удобный в использовании редактор, который позволяет быстро создавать образы этикеток, автоматически заполнять шаблоны или интегрировать информацию о заказе со штрих-кодом этикетки, что ускоряет работу и облегчает поддержание порядка во всей структуре используемых этикеток. 3. Обеспечено обновление функции для автоматической приостановки или завершения задачи во время выполнения другой задачи.
5	ASMPT	Май 2023 г.	**Программный продукт: Critical Manufacturing –** программное решение, обеспечивающее модульное и полностью интегрированное управление ресурсами цеха [80].

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
	(Critical Manufacturing SA)	(версия актуальна на 2024 год)	**Версия: V10** [81] 1. Добавлены новые возможности многоуровневого заказа и планирования материалов, которые облегчают работу с меняющимися продуктами и заказами. 2. Включено управление версиями спецификаций, использование ECAD для обнаружения дефектов, визуальное сравнение объектов и поддержка SEMI E142. 3. Добавлена возможность использования интегрированного центра оповещений и ERP-интеграция с «низким кодом» для упрощения обмена информацией и снижения времени реакции на события. 4. Добавлен новый интерфейс на базе искусственного интеллекта, который позволяет использовать систему через голосовые и текстовые команды. Добавлены улучшения для пользователей с нарушениями зрения. 5. Используются контейнеры, DevOps (набор технологий, объединяющих разработку программного обеспечения и ИТ-операции) и шаблоны для обеспечения гибкости развертывания на различных площадках. 6. Появляется поддержка Industry 4.0, т.к. решение адаптируется к потребностям производителей, и оно предоставляет необходимые данные для работы в быстро меняющихся условиях.
6	GE Vernova Inc.	Февраль 2024 г.	**Программный продукт: Proficy Smart Factory MES –**комплексный набор облачных и локальных решений управления производством, основанный на интеграции данных, промышленном Интернете вещей (IIoT), машинном обучении и предиктивной аналитике [28]. **Версия: 2024** [82] 1. Новые возможности многосайтовой работы на уровне предприятия и модернизация бек-энда для максимальной масштабируемости, а также встроенная высокая доступность: версия SaaS (программное обеспечение как услуга позволяет пользователям подключаться к облачным приложениям и использовать их через Интернет). 2. Добавлена возможность оптимизации работы всего предприятия с улучшенным масштабированием благодаря поддержке «Kubernetes» для бек-энда и веб-клиента для облака (версия SaaS). 3. Добавлена возможность упростить администрирование с помощью веб-плагина «Configuration Hub», чтобы обеспечить совместимость с 64-разрядной надстройкой Excel (доступной

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			через «Сообщество поддержки») и более эффективно собирать ручные данные с помощью нового «Autolog». 4. Возможность более быстрого устранения неполадок с помощью интегрированного «Elastic Search», виджета «Простои» и виджета «Список дел» оператора действий для «Operations Hub». 5. Возможность улучшения дискретного производства с помощью новых подготовленных возможностей: заказ на внесение изменений в проектирование для обеспечения точных и утвержденных изменений в новых и текущих рабочих заказах, квалификация операторов на операциях, отслеживаемость инструментов во время выполнения заказа, расширения NCM, возможность определения материалов различных категорий и многое другое. 6. Возможность сокращения времени простоя с помощью новых возможностей предиктивной аналитики: предиктивное время простоя и истинная причина простоя.
7	Oracle	Март-Май 2024 г.	**Программный продукт: Oracle Fusion Cloud Manufacturing –** инструмент для управления всем жизненным циклом производства от планирования и составления графиков до исполнения и анализа. Система поддерживает различные типы производства, включая дискретное, процессное и бережливое производство [83]. **Версия: 24B** [84]: 1. Добавлена возможность опционального определения минимального количества передачи элементов для перекрывающихся, последовательных операций или рабочих заказов. 2. Добавлена возможность формирования отчетов о специальных выходных данных во время выполнения рабочего заказа в дискретном производстве (сопутствующая/побочная продукция во время выполнения операции для стандартных дискретных производственных рабочих заказов) и др.
8	Rockwell Automation, Inc.	Сентябрь 2024 г.	**Программный продукт: FactoryTalk PharmaSuite –** программное решение управления производственными процессами для медицинской и фармацевтической промышленности (Life Sciences) [31]. **Версия: 11.02.00** [85] 1. Благодаря добавлению высокопроизводительного «Generic Upgrade Engine», производители могут обновлять системы быстрее, минимизируя время простоя. 2. Улучшен опыт «User Audit Trail», помогающий обеспечить соответствие нормативным требованиям и прослеживаемость, предоставляя производителям быстрый доступ к

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			комплексной, защищенной от несанкционированного доступа записи действий системы. 3. Обновлена функциональная возможность «Cold Chain Tracking», которая позволяет производителям отслеживать термочувствительные материалы для сохранения качества и сокращения отходов продукции, а также предлагает наилучшее доступное состояние киберзащиты и др.
9	AVEVA Group Ltd.	Август 2024 г.	**Программный продукт: AVEVA MES –** система управления производством; управления цифровыми производственными операциями [86]. **Версия: 2024** [87] 1. Позволяет компаниям хранить, обрабатывать контекст и обогащать данные о производстве со всех заводов в облаке, охватывающем всю цепочку создания стоимости и бизнес-экосистему. 2. Использование искусственного интеллекта, машинного обучения и визуализации данных для оптимизации операционной производительности, повышения устойчивости и выявления новых возможностей. 3. Объединение возможности MES на периферии с облачными сервисами аналитики и визуализации на платформе AVEVA CONNECT. 4. Возможность собирать и безопасно хранить данные из AVEVA Manufacturing Execution System и обрабатывать источники данных, такие как AVEVA PI System и AVEVA Operations Control, в одном безопасном месте в облаке упрощает агрегацию, обработку контекста и безопасный обмен операционными данными, устраняет необходимость организации локальных хранилищ данных и способствует более тесному сотрудничеству. Это открывает новые возможности прогнозирования, обнаружения аномалий, улучшения качества и энергоэффективности с помощью программируемых контроллеров и машинного обучения. 5. Возможность создания цифрового двойника для всей цепочки создания стоимости в производстве, что помогает сократить отходы, экономить энергию и повысить эффективность. 6. Облачные сервисы позволяют быстро начать визуализацию и анализ данных, а также проще выполнить интеграцию с подсистемами искусственного интеллекта или машинного обучения, а также сторонними инструментами визуализации и аналитики.
10	SAP	Ноябрь	**Программный продукт: SAP Manufacturing Execution –** комплексное решение системы управления производством для дискретных производственных процессов [26].

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
		2021 г. (актуальная версия)	Последнее обновление по материалам от разработчика от ноября 2021 г. **Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе за 2024 г. не представлено.** **Версия: 15.5** [88] **Сбор данных (DC)**: • Тип параметра DC «File» был добавлен в «Data Collection Maintenance» для загрузки файлов различных форматов с целью сбора значений этого параметра DC вместо присоединения файла к параметру DC другого типа. • Новые системные и активные правила для файловых параметров DC. Системное правило «File Destination Path» было добавлено в группу «Data Collection Rules» в «System Rule Maintenance» для определения хранилища, куда следует загружать файлы для групп DC с файловыми параметрами DC. Раскрывающийся список «File Destination Path», добавленный на вкладку «Main» экрана «Parameter Detai»l в «Data Collection Maintenance», позволяет переопределить системное правило «File Destination Path» на уровне параметров DC. Системные правила «Maximum Number of Files to Upload for File DC Parameters», «Maximum File Size» и «Allowed File Types» были добавлены в группу «Data Collection Rules» в «System Rule Maintenance». Эти системные правила можно переопределить на уровне параметров DC на вкладке «Main» экрана «Parameter Detail» в «Data Collection Maintenance». • Плагин POD Data Collection Entry (DC500) был улучшен, чтобы включить загрузку файлов для параметров DC типа «File». Возможность загружать файлы по одному и просматривать количество уже загруженных файлов в столбце «Value». Файлы, загруженные для параметров DC типа «File», сохраняются в базе данных SAP ME ODS, если системное правило «File Destination Path» установлено на SAP ME Database, а системное правило «Store Data Collection Results in ODS» установлено на «Yes». • Метод сбора данных разделен на два элемента управления. Элемент управления «Collection Method» был разделен на два элемента управления, чтобы сделать конфигурацию DC более гибкой. Раскрывающийся список «Collection Method» содержит опцию «Manual», а раскрывающийся список «Collection Mode» содержит опции «Single SFC» и «Multiple SFCs». • Действие «Data Collection Edit» было улучшено для отображения собранных файлов и позволяет загружать другие файлы на экране «Data Collection Edit Detail». **Подшаги операции**:

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			• Автоматическое закрытие списка подшагов. Если плагин списка подшагов (SUBSTEP_LIST_DISPLAY) настроен в столбце «Other Plug-Ins» на вкладке «Layout» в «POD Maintenance», он автоматически закрывается после завершения последнего подшага в панели управления оператора производства (Production Operator Dashboard, POD). • Категория «Substep» была добавлена в «Custom Data Maintenance», а вкладка «Custom Data» была добавлена в «Substep Maintenance» для поддержки пользовательских данных для подшагов. **Поддержка сопутствующих и побочных продуктов**: • Создание компонентов сопутствующих и побочных продуктов. Компоненты сопутствующих и побочных продуктов создаются в SAP ME при получении IDoc-ов BOMMAT и LOIPRO из SAP ERP. • Автоматическое создание SFC для сопутствующих продуктов и идентификаторов инвентаря для побочных продуктов. SFC (идентификаторы единиц управления цехом) могут быть автоматически созданы для сопутствующего продукта, а идентификаторы инвентаря могут быть автоматически созданы для побочного продукта во время обработки основного продукта с использованием нового действия «Co- and By-Product Receipt Hook» (CO_BY_AUTO_RECEIPT). Возможность настроить действие CO_BY_AUTO_RECEIPT так, чтобы сопутствующие и (или) побочные продукты могли быть автоматически получены с использованием правила действия RECEIPT_MODE. • Новый подключаемый модуль приема сопутствующих и побочных продуктов (CO_BY_MANUAL_RECEIPT) был реализован для ручного приема сопутствующих или побочных продуктов, чтобы они создавались на основе реальных результатов производства в POD. • Определение маршрутов и спецификаций для сопутствующих продуктов в «Material Maintenance». Если на вкладке «Main» в «Material Maintenance» установлен новый флажок «Co-Product Configuration», отображается вкладка Co-Product, где можно задать параметры конфигурации для определения спецификации или маршрута, которые будут использоваться для сопутствующего продукта. • Улучшения обслуживания цеховых заказов. Вкладка «Build Status» объединена со вкладкой «Goods Receipt». Вкладка «Build Status» дополнена статистической информацией обо всех продуктах, произведенных по цеховым заказам. Следующие поля были перемещены из вкладки «Goods Receipt» на вкладку «Main»: номер партии, место хранения на складе и

№	Название	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			номер склада. Отчеты «Shop Order by Step Report» и «Shop Order Schedule Report» можно открыть в новом меню «More». Заказ на производство можно установить на «Выполнено» только после завершения всех номеров SFC основных и сопутствующих продуктов. **Управление серийными номерами**: • Возможность определения шаблона для запланированных SFC с серийными номерами. • Возможность хранения серийных номеров для несериализованных SFC.
11	Tulip Interfaces, Inc.	Апрель- Октябрь 2024 г.	**Программный продукт: Tulip –** платформа для управления операциями производства, обеспечивающая предприятия связанными приложениями [89]. **Версия: 2024:** 1. Представлен пакет приложений для управления производством, обеспечения качества, соблюдения нормативных требований и прослеживаемости, а также отслеживания запасов Composable MES App Suite (cMES) (апрель 2024 г.) [90]. 2. Представлены возможности «Automations» в виде ряда логических блоков. Может быть использовано в различных операциях параллельно с приложениями для поддержки вариантов использования Tulip (сентябрь 2024 г.) [91]. 3. Представлено расширение Composable MES for Pharma для пакета приложений cMES. Данное расширение позволяет использовать готовые шаблоны для создания индивидуальных MES-решений для фармацевтики (октябрь 2024 г.) [92].

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Анализ обновлений функциональных возможностей зарубежных MES-систем выявляет, что основными направлениями их развития в разрабатываемых аппаратно-программных решениях являются векторы:

- Улучшение пользовательского интерфейса и удобства работы:
  - Добавление новых значков и улучшение макета интерфейса.
  - Упрощение страниц входа и улучшение эргономики, включая функции многозадачности.
  - Внедрение новых операторских терминалов и мобильных приложений для более удобного доступа и управления.
- Интеграция и взаимодействие с другими системами:
  - Обновление и улучшение интеграции с ERP-системами.

- Поддержка универсальных стандартов и протоколов, таких как SEMI E142.
- Использование облачных платформ для хранения и агрегации данных, а также интеграция с системами машинного обучения и искусственного интеллекта.

- Автоматизация и улучшение процессов:
  - Автоматизация задач и проверок, включая создание оповещений и отчетов на основе пользовательских критериев.
  - Возможность автоматического заполнения форм и создания отчетов для мониторинга выполнения задач.
  - Обновление функций для управления производственными заданиями и поддержка различных типов проверок качества.
- Поддержка и расширение функциональности:
  - Расширение функциональности, включая поддержку новых форматов данных и улучшение работы с производственными этикетками.
  - Возможность управления многоуровневыми заказами и планированием материалов.
- Аналитика и предиктивные возможности:
  - Внедрение предиктивной аналитики для сокращения времени простоя и обнаружения аномалий.
  - Использование визуализации данных и аналитики для улучшения операционной эффективности и устойчивости.
- Масштабируемость и гибкость:
  - Поддержка многосайтовой работы и масштабируемости через облачные решения и технологии, такие как Kubernetes.
  - Гибкость развертывания на различных площадках, поддержку контейнеров и инструментов DevOps для простоты расширения и адаптации системы.
  - Предоставление готовых шаблонов в качестве строительных блоков для создания индивидуальных решений под нужды конкретного производства.

3.2. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей российских систем в 2024 г.

Российские разработчики продолжают активно внедрять инновации, расширяя функциональные возможности своих систем и укрепляя позиции на отечественном рынке. Раздел посвящен анализу релизов обновлений функциональных возможностей российских систем за 2024 год. Исследование проводится в целях выявления основных тенденций развития отечественного программного

обеспечения и определения приоритетных направлений его совершенствования.

Для анализа обновленных функциональных возможностей были выбраны основные комании разработчики рынка, в числе которых ООО «Твинс технологии», ООО «Рокитсофт», ООО «1С», АО «Айтеко», ООО «Индасофт», АО «Корпорация Галактика», ООО «СПРУТ-Технология», АО «АСКОН», АО «СиСофт Девелопмент», ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ» и др. Результаты представлены в Таблице 6.

Таблица 6. Сведения о релизах обновлений функциональных возможностей российских систем в 2024 г.

№	Компания	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
1	ООО «Твинс технологии» (ГК «Цифра»)	Май 2024 г.	**Программный продукт: Диспетчер MES –** система управления производством на уровне цеха [93]. **Версия: 3.4** [94] 1. Появилась возможность разделять номенклатуру на виды и указывать ее дополнительные параметры (реквизиты). Эти реквизиты могут быть присвоены всей номенклатуре, ее видам или отдельным позициям. 2. Разделили заказы на коммерческие, внутренние и производственные. Теперь можно вести отдельно коммерческие (сбытовые) заказы от клиентов, а затем объединять их в более крупные внутренние заказы (в том числе и по одинаковым значениям реквизитов номенклатуры). Выбранные позиции номенклатуры внутренних заказов можно запускать в производство в полном объеме или небольшими партиями, формируя при этом производственные заказы. Такой подход позволяет сократить количество переналадок оборудования. 3. Расширили возможности работы со штрих-кодами. Теперь штрих-коды можно присвоить объектам системы, используя настроенные шаблоны. Эти шаблоны поддерживают все основные стандарты кодирования: «EAN8», «EAN13», «Code39», «QR-code» и т. д. Штрих-коды могут формироваться внутри системы не только по шаблону, но и в соответствии с заданной маской (например, для фирменной продукции). 4. Расширили возможности работы с производственными статусами заказов, маршрутных листов (МЛ) и технологических операций МЛ. Теперь можно настроить цвета статусов и автоматическую смену статусов, когда происходит заданное событие: создается МЛ, для выполнения технологической операции назначается оборудование и/или исполнители, оператор регистрирует начало выполнения работ, их прерывание или завершение.
2	ООО «Рокитсофт»	Н/Д	**Программный продукт: PeMESло –** система для оперативного планирования производства, сбора и анализа производственных данных, данных о качестве работы CIP-моек и их параметров,

№	Компания	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			контроля эффективности линий и всего производства в целом и сценарного анализа [95]. **Версия:** Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
3	ООО «1С»	Сентябрь 2024 г.	**Программный продукт: 1С:MES Оперативное управление производством –** решение для оперативного планирования и диспетчеризации производственных процессов, а также контроля качества выпускаемой продукции [96]. **Версия: 1.3.5.124** Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
4	АО «Айтеко»	Н/Д	**Программный продукт: DES.MES –** решение для автоматизации процессов управления непрерывным производством [97]. Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
5	ООО «Индасофт»	Июль 2024 г. [98]	**Программный продукт: Управление производством I-DS –** цифровой сервис для автоматизации основных производственных процессов предприятия в режиме реального времени [99]. **Версия: 2024** 1. Реализована возможность задавать время автообновления по умолчанию. 2. Реализована возможность настраивать отображение поля «комментарий». 3. Реализована возможность скрывать альтернативную легенду у неразвернутого тренда. 4. Реализована возможность настройки цветового оформления простого тренда. 5. Реализована возможность в свойства мнемосхемы добавить часовой пояс относительно которого настраивается навигация по времени и смещение для «DSColumn». 6. Реализована возможность настройки источников данных при поиске тегов. 7. Реализована валидация начала суток и начала месяца. 8. Реализована возможность открывать новый график в развернутом состоянии. 9. Реализована доработка верстки и переменных стилей. 10. Реализовано веб-приложение администрирования. 11. Изменена версия используемого «.NET» (с «.NET Core 3.1» к «.NET 6»).

№	Компания	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			12. Реализован датареференс получения значений свойств тегов «I-DS/TSDB».
6	АО «Корпорация Галактика»	Июнь 2024 г.	**Программный продукт: Галактика MES –** решение для оперативного управления производством в рамках цеха (участка): планирование операций и работ по рабочим местам (оборудованию) и персоналу, контроль и сбор данных о выполнении операций и состоянии оборудования, анализ эффективности использования производственных ресурсов [100] **Версия: 2024** [101] 1. Появился сертификат, выданный Postgres Professional, который подтверждает корректную работу новейшей 16 версии СУБД «Postgres Pro Enterprise», «Postgres ProStandard», а также их сертифицированных редакций и систем: «Галактика ERP», «Галактика AMM», «Галактика MES», «Галактика EAM» и «Галактика ESB».
7	ООО «СПРУТ-Технология»	Июль 2024 г.	**Программный продукт: СПРУТ-ОКП –** решение в области управления и оперативно-календарного планирования производства [102]. **Версия: 7.3.5** [102] 1. Добавлено «поле “№ заказа” в список полей универсального фильтра окна “Работы для включения в ССЗ”. 2. В монитор Потребности в «КиМ» добавлена кнопка для открытия вкладки расчета статусов обеспеченности. 3. В отчетах сделана возможность отображения очень длинных наименований материалов. 4. Добавлен функционал выгрузки данных в файл формата CSV.
8	АО»СиСофт Девелопмент»	Июль 2024 г.	**Программный продукт: TechnologiCS** **Версия: 8.0** [103] 1. Появился современный интерфейс, добавлен собственный веб-сервер и набор веб-приложений, что улучшает доступность системы и ее использование. 2. Охватывает полный жизненный цикл производства продукции от проектирования до эксплуатации и позволяет осуществлять контроль показателей его деятельности на основании оперативной аналитики. 3. Использует технологии искусственного интеллекта в механизмах планирования, цифровых советчиках, при анализе данных производственных процессов и в процессах эксплуатации. 4. Расширен функционал платформы: добавлены новый планировщик, CAD-коммуникатор, автоматический расчет сменных заданий, средства поддержки принятия решений, планирование обеспечения производства, управление ТО и ремонтными работами, новый

№	Компания	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			модуль ведения каталогов и прайс-листов и расчет себестоимости.
9	АО «АСКОН»	Август 2023 г. (версия актуальна на 2024 год)	**Программный продукт: ГОЛЬФСТРИМ** **Версия: 9** [104] 1. Обеспечена работа с российской СУБД «Postgres Pro» и внедрена система защиты «Guardant» Компании «Актив». 2. Обеспечена совместимость с PLM-комплексом АСКОН версий 2018.3 – 22.3: технологические спецификации, нормы, управляющие программы, трехмерные модели передаются из «ЛОЦМАН:PLM», нормативно-справочная информация поступает из «ПОЛИНОМ:MDM». 3. Появилась возможность интеграции с ERP-системами и решениями для промышленного интернета вещей (IIOT).
10	ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ»	Октябрь 2024 г.	**Программный продукт: T-FLEX ОКП – с**истема оперативно-календарного планирования, компонент системы T-FLEX DOCs [105]. **Версия: 17.5** [105] 1. Возможность настраивать интерфейс пользователя, скрывать или отображать отдельные команды в окне. Видимость определяется настройкой, заданной в новой вкладке «Команды», где можно определить набор команд и правила их отображения в выбранном режиме. Перечнем команд можно управлять с помощью команд «Добавить» и «Удалить». 2. Реализация скрытия панели кнопок в панелях окна справочника. Поведение настраивается во вкладке «Настройка панелей» диалога «Настройка окна». Диалог «Настройка окна» расширен добавлением флага, который запрещает изменение состава колонок. 3. Возможность создания, просмотра, редактирования и удаления параметров запроса поиска в окне «Поиск» для режима «Фильтр». 4. Возможность синхронизации сроков группового поручения с вложенными поручениями для корректного изменения дат зависимых поручений. Изменение срока или контрольной даты для группового поручения приводит к синхронизации сроков вложенных поручений. 5. Добавлен новый тип блока «Ожидание изменения объекта», который позволяет приостановить выполнение процесса до момента изменения одного из объектов, идущих по процессу. По умолчанию ожидается изменение любого параметра любого объекта, идущего по процессу. Для ожидания изменения конкретного параметра добавлен флаг «Отслеживать изменения выбранных параметров» и список «Отслеживаемые параметры».

№	Компания	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			6. Добавлена возможность произвести дополнительные настройки стиля диаграммы при визуализации объектов: цвета выбранной строки, шага высоты строки и высоты элемента от шага строки, отступа внешнего текста. 7. Для очистки системы от промежуточных элементов и оптимизации работы системы добавлена возможность удаления версий объектов. 8. Возможность удаления версий объектов регулируется новой операцией доступа, при ее наличии пользователь может удалить неактуальные версии объекта в диалоге версий, при этом факт удаления будет зафиксирован в журнале системы. 9. Для автоматизированной очистки добавлен механизм удаления устаревших версий объектов справочника через настройки правил удаления устаревших версий. Механизм позволяет отфильтровать список объектов, версии которых следует удалять, определять количество сохраняемых версий, время их хранения и режим удаления: ручной, автоматический, либо полуавтоматический с подготовкой списка удаляемых версий. 10. Для упрощения настройки интеграции добавлены новые возможности задавать правила обмена данными с помощью мастер-конструктора, который позволяет выбирать необходимые справочники, параметры и связи в визуальном режиме. 11. Добавлена новая возможность запуска обмена данными в соответствии с определенным правилом по расписанию. Это позволяет формировать специальные критерии фильтрации для выгрузки данных, по которым выборка и экспорт будет проходить с заданной регулярностью. Именование выходного файла обмена формируется автоматически. 12. В контексте развития интеграционных решений с распространенными информационными системами был добавлен новый тип правил обмена данными для 1С. Встроенное правило настроено на работу с xml файлом, имеющим структуру 1С EnterpriseData. В данном правиле можно задать файл xsd с типами или папку с xsd файлами. 13. Для сравнения расписаний проектов добавлена возможность отображения синхронизированных проектов на одной диаграмме. В меню инструментов «Синхронизация» доступны новые команды «Сравнить с детализацией» и «Сравнить с укрупнением». 14. Для сравнения проектов в контексте управления ресурсами добавлены возможности сравнения и анализа. Добавлена возможность отображения на диаграмме ресурсов плановых значений для используемых ресурсов из отложенной версии проекта,

№	Компания	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			а также разницы с плановыми значениями из отложенной версии проекта. 15. Взамен механизма логических групп в электронной структуре изделий (ЭСИ), разработан механизм «Автоподбор ревизий». Если системный параметр «Автоподбор ревизии» для подключения ЭСИ включен, при активации флага «Условия» на панели «Изделие» происходит подбор ревизии в соответствии с каскадными условиями подбора ревизий и в сборку вставляется отобранная ревизия. 16. Модуль интеграции T-FLEX CAD. Добавлена возможность определения целевого справочника через новый параметр «Справочник». Справочник при этом может быть любого типа: список, дерево, сложная иерархия. Соответствие типов CAD с типами справочника настраивается во вкладке.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

По результатам проведенного анализа можно выделить несколько ключевых тенденций развития российских MES-систем:

1. Гибкость и индивидуализация производственных процессов: внедрение возможности разделения номенклатуры на виды и добавление дополнительных параметров улучшает адаптацию системы под нужды конкретного производства. Это позволяет более точно учитывать специфику каждого отдельного заказа и планировать его исполнение.

2. Интеграция и автоматизация управления заказами: сегментация заказов на коммерческие, внутренние и производственные улучшает управление цепочкой заказов. Этот подход помогает оптимизировать производственный процесс, сокращая количество переналадок оборудования, что является важным аспектом для MES-систем.

3. Расширение использования штрих-кодов: расширенные возможности работы со штрих-кодами и поддержка различных стандартов кодирования позволяют автоматизировать управление логистикой, отслеживанием и учетом продукции на всех этапах производственного цикла.

4. Усовершенствованная система управления статусами и производственными процессами: новые возможности работы с производственными статусами заказов и маршрутных листов (МЛ), а также автоматизация смены статусов при выполнении операций повышают прозрачность и управляемость производственных процессов.

5. Использование искусственного интеллекта: внедрение технологий искусственного интеллекта для планирования и анализа данных производства позволяет улучшить точность планов, снизить риски ошибок и повысить эффективность работы предприятия.

6. Совместимость с отечественными СУБД и системами безопасности: интеграция с российскими системами управления базами данных («Postgres Pro») и системами защиты («Guardant») способствует снижению зависимости от иностранных технологий и обеспечивает стабильность работы на предприятиях.

7. Интеграция с IIoT и ERP-системами: возможность интеграции MES-решений с системами ERP и решениями для промышленного интернета вещей (IIoT) расширяет функциональные возможности и повышает эффективность взаимодействия между различными уровнями управления на предприятии.

8. Расширение возможностей визуализации объектов повышают наглядность и эффективность процессов планирования и производства.

3.3. Заключение о тенденциях и приоритетах развития зарубежных и отечественных систем в 2024 г.

На мировом рынке MES-систем продолжается активное развитие в сторону гибкости, масштабируемости и интеграции с другими системами, включая решения для анализа данных. Основные направления включают:

1. Улучшение пользовательского интерфейса: акцент на удобство и эргономику, развитие мобильных приложений и терминалов, что обеспечивает операторам более простой и доступный контроль над производственными процессами.

2. Интеграция с облачными решениями: переход к облачным платформам позволяет эффективнее хранить и анализировать данные, а также использовать искусственный интеллект и машинное обучение для оптимизации процессов и обнаружения аномалий.

3. Автоматизация процессов и предиктивная аналитика: современные MES-системы все чаще включают предиктивную аналитику и возможности автоматизации, которые позволяют сократить простои и повысить производительность, прогнозируя возможные сбои и оптимизируя качество.

Эти направления отражают стремление зарубежных разработчиков к созданию высокоадаптивных и масштабируемых решений, которые обеспечивают более тесную интеграцию между различными уровнями управления и повышают гибкость производства.

Российские MES-системы в 2024 году также демонстрируют стремление к адаптации к конкретным производственным условиям и независимости от зарубежных технологий. Основные акценты:

1. Индивидуализация производственных процессов: российские системы ориентированы на гибкость, включая возможность детальной настройки под специфику заказов и производственных задач.

2. Автоматизация управления заказами: оптимизация управления и сегментация заказов повышают эффективность производственного процесса и сокращают время простоя.

3. Поддержка отечественных СУБД и безопасности: интеграция с российскими СУБД и системами безопасности позволяет снизить зависимость от зарубежного ПО, что важно в условиях текущей геополитической ситуации.

4. Интеграция с IIoT и ERP-системами: расширение возможностей MES через интеграцию с промышленным интернетом вещей и ERP-системами улучшает контроль и управление производственными операциями.

Для зарубежных разработчиков в перспективе дальнейшего развития ожидается усиление роли искусственного интеллекта и аналитики больших данных, что будет направлено на еще большую оптимизацию производственных процессов и повышение устойчивости к изменениям. Возможно также более расширенное внедрение гибких технологий развертывания, таких как контейнеризация и поддержка облачных решений.

В России, учитывая курс на технологический суверенитет, вероятно, будет усилена работа по разработке полностью независимых MES-решений, акцент будет сделан на совместимость с отечественными технологическими платформами, обеспечение безопасности данных и поддержку национальных стандартов.

В целом, в условиях растущей цифровизации, MES-системы, как зарубежные, так и отечественные, будут продолжать развиваться в сторону большей гибкости, адаптивности и интеграции с другими уровнями производственного и корпоративного управления.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИЙ, СДЕЛОК M&A И ПРОЕКТОВ КООПЕРАЦИИ В РОССИИ И В МИРЕ

В рамках настоящей главы рассматриваются инвестиции, сделки M&A и проекты кооперации в области средств управления производственными процессами (MES) в России и в мире, а также планы по развитию MES-систем в России.

4.1. Слияния и поглощения разработчиков MES-систем в мире по состоянию на конец 2024 г.

Настоящий раздел посвящен анализу слияний и поглощений разработчиков MES-систем в мире по состоянию на конец 2024 г. При этом в рамках данного раздела прежде всего рассматриваются последние актуальные действия компаний – лидеров мирового рынка, отражающие их текущую стратегию. Сведения о слияниях и поглощениях разработчиков систем управления производственными процессами (MES) в мире по состоянию на конец 2024 г. представлены в Таблице 7.

Таблица 7. Сведения о слияниях и поглощениях разработчиков систем в мире по состоянию на конец 2024 г.

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
1	Rockwell Automation [106]	2023	Verve Industrial Protection [106; 107]	~180 млн долл. [108]	Усиление предлагаемых компанией Rockwell Automation систем управления производственными процессами (Plex Manufacturing Execution System, FactoryTalk MES и др. [109]) в части кибербезопасности – обеспечение инвентаризации активов в режиме реального времени, управление уязвимостями и устранение рисков
2	Rockwell Automation [110]	2023	Knowledge Lens [111]	Н/Д	Интеграция готовых облачных решений Knowledge Lens (в т.ч. решений на базе промышленного искусственного интеллекта) для распространенных сценариев использования, включая «умные фабрики», объединение информационных (IT) и операционных технологий (OT), миграцию данных и др. (в частности – усиление таких продуктов как Plex Manufacturing Execution System, FactoryTalk MES и др. [109])

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
3	Rockwell Automation [112]	2021	AVATA	Н/Д	Приобретенная компания AVATA – ведущий поставщик услуг в области управления цепочками поставок, планирования ресурсов предприятия и решений по управлению эффективностью деятельности предприятия, что усиливает и дополняет функционал предлагаемых компанией Rockwell Automation систем управления производственными процессами (Plex Manufacturing Execution System, FactoryTalk MES и др.[109])
4	Rockwell Automation [113]	2021	Plex Systems [114]	~2,22 млрд долл. [115]	Дополнение продуктовой линейки Rockwell Automation возможностями Plex Systems – масштабируемой облачной платформы интеллектуального производства, включающей функционал MES, управление качеством и управление цепочками поставок
5	SAP SE [116]	2024	WalkMe Ltd [117].	~1,5 млрд долл.	Усиление и расширение возможностей продуктов SAP за счет платформы для цифрового внедрения WalkMe, позволяющей создавать настраиваемые проходы по продуктам и анализировать данные об их использовании (в частности, за счет аналитики пользователей и поддержки клиентов)
6	SAP SE [118]	2023	LeanIX [119]	~1,2 млрд долл. [120]	Расширение возможностей SAP Signavio [121] в части трансформации бизнес-процессов (моделирование и прогнозирование влияния технологий на результаты бизнеса) Приобретаемая компания LeanIX – лидер рынка в области управления архитектурой предприятия
7	SAP SE [122]	2022	Taulia [123]	~700 млн долл. [124]	Дополнение предложения SAP решением по управлению оборотным капиталом Taulia в части

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					оптимизации оборотного капитала по всем аспектам управления кредиторской и дебиторской задолженностью, а также запасами, в частности, через создание программ выставления счетов и управления оборотным капиталом для высвобождения денежных средств и повышения эффективности всей цепочки поставок
8	SAP SE [125]	2021	AppGyver [126]	Н/Д [127]	Адаптация и оптимизация ИТ-систем к конкретным потребностям пользователей за счет возможностей no-code платформы AppGyver, в частности, расширение предложения SAP в области аналитики бизнес-процессов (в рамках SAP Business Technology Platform). В перспективе – создание комплексного no-code предложения, включающего полный спектр простых и интегрированных инструментов разработки приложений, позволяющих клиентам, партнерам и собственным специалистам компании повысить уровень автоматизации процессов
9	SAP SE [128]	2021	Signavio [129]	~1,2 млрд долл. (по оценкам Bloomberg [130; 131], сами компании не разглашают [132])	Усиление предложения SAP в части интеллектуального управления бизнес-процессами, интегрированный облачный пакет Signavio дополнит ПО SAP для анализа бизнес-процессов, позволив сформировать целостный набор гибких решений: проектирование и сравнительный анализ бизнес-процессов, анализ рисков и «узких мест», управление изменениями, в т.ч. отслеживание результатов
10	Schneider Electric [133]	2023	AVEVA [134]	~11,9 млрд долл. [135]	Платформа AVEVA – масштабируемая промышленная программная платформа MES/SCADA/IIoT, интегрирующая технологические

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					процессы с бизнес-системами предприятия – включена в состав продуктов компании. В целом – расширение линейки сервисов, распространяющихся по модели SaaS (ПО как услуга).
11	AVEVA [136; 137]	2021	OSIsoft	~5 млрд долл. [138]	Программное обеспечение OSIsoft для управления данными дополнило комплексное предложение AVEVA (PI-система OSIsoft стала частью платформы AVEVA, позволяющей использовать большие данные, облачные технологии и искусственный интеллект)
12	Keysight [139]	2023	Cliosoft	85 млн долл. [140]	Поглощение компании Aubrey Belle позволит Keysight расширить линейки программных продуктов для управления данными проектирования оборудования и интеллектуальной собственностью в свой портфель решений для автоматизации проектирования электронных устройств (EDA). Возможности Cliosoft по контролю ревизий и управлению данными и ИС интегрируются с системой усовершенствованного проектирования PathWave компании Keysight.
13	Oracle	2021	Cerner	28,3 млрд долл. [141]	Онлайн-платформа для учета медицинских операций. Платформа включает в себя учет клинических, финансовых и операционных результатов. Через платформу доступны амбулаторные данные, аналитика данных, критический доступ, подключение устройств, взаимодействие с пациентами, клинические операции, фармацевтика, управление здоровьем населения, сообщество и другие сервисы.

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
14	Oracle	2022	Adi Insights	Н/Д	Решение для планирования занятости сотрудников, отслеживания рабочего времени и мониторинга показателей производительности. Включает аналитику, информационную панель в режиме реального времени для просмотра данных, связанных с рабочим временем сотрудников, KPI, местоположением и т. д. Подходит для следующих отраслей: розничная торговля, гостиничный бизнес, производство, управление сотрудниками на удаленном доступе.
15	Oracle	2023	NextService	Н/Д	Программное обеспечение для управления выездным обслуживанием. Предоставляет функции для планирования и управления работами, CRM, управления запасами и деталями на месте, выставления счетов, учета рабочего времени, отчетов о производительности бизнеса и т.д.
16	General Electric	2021	Opus One Solutions	Н/Д	Приобретение Opus One Solutions Energy Corporation («Opus One»), компании-разработчика программного обеспечения, которая помогает коммунальным предприятиям оптимизировать планирование, эксплуатацию и управление рынком электроэнергии, позволит General Electric включить в свое продуктовое предложение возможности Opus One по планированию использования возобновляемых источников и их интеграции в распределенные энергосети [142].
17	AspenTech	2022	Inmantion	Н/Д	Поглощение компании inmation Software GmbH, лидера на рынке управления промышленной информацией в режиме реального времени, позволит AspenTech занять

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					уникальную позицию на рынке, помогая капиталоемким организациям интегрировать, управлять и контекстуализировать промышленные данные для принятия важнейших бизнес-решений, которые приближают клиентов к достижению их целей по прибыльности и устойчивому развитию [143]
18	AspenTech	2020	CAMO	Н/Д	Приобретение норвежской компании Camo Analytics позволит усилить портфель AspenTech решениями по аналитическим технологиям процессов (PAT) и общей эффективности оборудования (OEE), которые отвечают требованиям соответствия, сокращают потери и способствуют постоянному совершенствованию технологических процессов [144]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Необходимо отметить, что вендоры, лидирующие на мировом рынке средств управления производственными процессами (MES), как правило, предоставляют комплексные решения MES/ERP/SCADA, а также иное индустриальное программное обеспечение, в том числе – в рамках единых технологических платформ. Последние приобретения компаний вендорами-лидерами в рассматриваемой области преимущественно направлены на расширение и дополнение действующего продуктового предложения.

4.2. Проекты кооперации российских разработчиков

Число проектов кооперации разработчиков в области средств управления производственными процессами (MES) в России относительно невелико. При этом существующие консорциумы преимущественно имеют отраслевую специализацию. Перечень проектов кооперации российских разработчиков представлен в Таблице 8.

Таблица 8. Перечень проектов кооперации российских разработчиков

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
1	-	2024	Быстрые отчеты, EXEPLANT	Более гибкие и функциональные инструменты для работы с отчетами. Это партнерство является еще одним шагом в развитии линейки продуктов ExePlant (в том числе ExeMES), обеспечивая более мощный и удобный инструмент для создания качественной производственной аналитики. [145]	Н/Д
2	-	2024	EXEPLANT, СибКом Цифра	В рамках этого сотрудничества, решения компаний ExeMES и КАСКАД Цифра будут взаимно дополнять друг друга в проектах по промышленной автоматизации и управлению производственными процессами. Заказчикам это заказчикам поможет решать более комплексные производственные задачи, например, не просто реализовать диспетчеризацию производства, но и оперативно управлять производственным процессом, а также его оптимизировать.	Н/Д
3	Индустриальный центр компетенций «Металлургия»	2022	Северсталь Норникель, Русская медная компания, ВСМПО АВИАСМА, НЛМК, Русал, ЕВРАЗ, Объединенная металлургическая	Реализовать 25 проектов в сфере импортозамещения ПО для металлургической отрасли. В том числе создать открытую архитектуру АСУ ТП. [147]	В конце 2023 года первая версия системы была успешно внедрена в сервисном металлоцентре «Северстали», расположенном в Колпинском районе Санкт-Петербурга.

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
			компания, Алроса, Металлоинвест, ПМХ, ТМК, Мечел, Полюс, УГМК, ММК, Росатом, Удоканская медь [146]		По итогам эксплуатации отмечено повышение общей эффективности оборудования до 20%, рост производительности до 5% и снижение энергопотребления до 10%. [148]
4	-	Н/Д	Нефтеавтоматика, Цифровая индустриальная платформа, Делайт 2000	Создание Центра управления производством – единой среды управления всеми этапами производства промышленного предприятия: от планирования выработки продукции до ее отгрузки	Центр полностью закрывает задачи управления на уровне автоматизации и MES [149]
5	Консорциум «Рубин-Автоматизация»	Н/Д	НПП «Рубин», НПФ «Круг»	Создание отечественных систем контроля и управления производственными процессами в энергетической, транспортной, пищевой и других сферах промышленности и сельского хозяйства, оснащение индустриальных объектов современными комплексными системами управления и диспетчеризации важнейших технологических параметров, а также контроля исправности технологического оборудования [150]	Н/Д

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Как уже было сказано выше, общее число проектов кооперации российских разработчиков MES-систем достаточно незначительно. В основном компании сотрудничают для доработки собственных систем или совместной продажи «комплексного продукта». Например, EXEPLANT сотрудничает с разработчиками ПО, которое может дополнить функционал ее MES-системы. Нефтеавтоматика,

Цифровая индустриальная платформа, Делайт 2000 совместно разрабатывали Центр управления производством не в рамках консорциума, и получившийся продукт шире по возможностям, чем MES-система.

4.3. Планы по развитию MES-систем в России

Несмотря на наличие определенных планов по развитию MES-систем у отечественных разработчиков, детали и подробности этих планов в открытых источниках не раскрываются (Таблица 9).

Таблица 9. Планирование развития систем отечественными разработчиками

№	Наименование разработчика	Сроки	Описание
1	Северсталь (MES Металлургия)	Н/Д	Создать типовые «коробочные» сборки «MES Металлургия» для сталеплавильного, прокатного, трубного производств и предлагать эти решения в смежные отрасли промышленности [148]
2	Цифровой альянс (ФОБОС)	Н/Д	Модернизация внешних экранов, рабочих интерфейсов системы [151]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Нормативно-правовой основой при разработке и/или совершенствовании и актуализации действующих MES-систем могут служить следующие документы:

1. Дорожная карта «Новое индустриальное программное обеспечение» закрепляет особую роль промышленных заказчиков, которые формируют требования к функциональности приоритетных классов российского суверенного ПО [152].
2. ГОСТ Р ИСО 16100-1-2012 «Системы промышленной автоматизации и интеграция. Профилирование возможности интероперабельности промышленных программных средств» – устанавливает модель производственной информации, которая определяет требования к интерфейсу программных изделий, в том числе MES [153].

ГЛАВА 5. ОБЗОР НОВЫХ КРУПНЫХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ И В МИРЕ

Системы управления производственными процессами (MES) предоставляют возможности для планирования производства, составления актуальных расписаний, сбора данных и контроля качества, что становится все более актуальным с ростом сложности производственных систем и технологических процессов. В рамках текущей главы рассматриваются новые крупные проекты в области MES в России и мире.

5.1. Проекты в России

На российских предприятиях в настоящее время активно развиваются и внедряются отечественные решения в области управления производственными процессами (MES). При этом в рассматриваемой области российские программные продукты отличает конкурентоспособность по функциональным возможностям и цене, а также возможность адаптации под специфические отраслевые задачи отечественных промышленных предприятий. Обзор актуальных крупных российских проектов приведен в Таблице 10.

Таблица 10. Обзор крупных проектов в России

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
1	Автоматизированная информационная система «Цифровое месторождение» [154]	ООО «Эттон-Центр»	2022-2024	Цель: обрабатывать информацию, поступающую со скважин и предлагать оптимальный режим работы объекта. Планы: ● Выявить закономерности между данными. ● Составить прогноз по всем параметрам при планировании различных методов воздействия на скважину или пласт. ● Принимать быстрые и взвешенные решения, например, при необходимости увеличения добычи сырья.	Общая стоимость: 57,5 млн руб. Сумма гранта: 28,8 млн руб.
2	Внедрение системы управления производственными процессами [155]	АО «Клевер»	2022-2024	Цель: внедрение MES-системы, в том числе и автоматизированной системы технологической подготовки производства (ТПП) на предприятии.	Общая стоимость: 122,5 млн руб. Сумма гранта: 60,7 млн руб.

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
				Планы: ● Перейти к управлению производством в реальном времени. ● Автоматизировать процессы работы с производственной информацией и отчетностью. ● Нормировать все технологические процессы, разрабатываемые на предприятии. ● Эффективно планировать затраты на производство продукции.	
3	Внедрение автоматизированной системы управления производства высокопрочных пружин на основе интеллектуальной платформы построения, анализа, преобразования цифровых прототипов производственных систем «BFG IS» [156]	ООО «БФГ Групп»	2020-2023	Цель: внедрение новейшей автоматизированной технологии управления производством для кардинального улучшения бизнес-процессов предприятия. Планы: ● Формирование целостного взгляда на производственную систему с научно-обоснованным прогнозом стратегического развития и организацией динамически преобразуемого контура операционного управления предприятием с помощью инструментов создания «цифровых двойников» производственных систем. ● Обеспечение экономической эффективности, повышение уровня производительности, параметров конкурентоспособности производственной системы или предприятия.	Общая стоимость: 30,1 млн руб. Сумма гранта: 15 млн руб.

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
				• Предлагается реализация схемы интеграции виртуального и реального миров ПС, вертикальной и горизонтальной интеграции процессов управления организацией операционной деятельности компании.	
4	Доработка ПО CyberStudio – платформы для предиктивной аналитики оборудования и оптимизации режимов технологических процессов [157]	«Сайберфизикс»	2022-2024	Цель: Доработка ПО CyberStudio Планы: • Снижение числа аварийных остановок до 30% в задачах предиктивной аналитики. • Повышение производительности до 4% в задачах оптимизации.	Общая стоимость: 74,9 млн руб. Сумма гранта: 56,6 млн руб.
5	iRidium SCADA & SDK bus77 [158]	ООО «Иридиум»	2020-2024	Цель: доработка программного продукта iRidium Планы: • Создание вертикально интегрированного решения для автоматизации зданий. • Реализация импортозамещения (сейчас в этой сфере импортозависимость более 90%). • Создание российского консорциума вокруг разработанного российского протокола bus77. • Выход с продукцией консорциума на экспорт. • В рамках проекта будет доработано существующее ПО (iRidium Server, iRidium Studio, iRIdium Visualisation, протокол bus77).	Общая стоимость: 69,3 млн руб. Сумма гранта: 25,8 млн руб.

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
6	MES Металлургия	ПАО «Северсталь» АО «Северсталь-Инфоком»	Н/Д-2026	Проект направлен на внедрение системы, независимой от вендоров СУБД и ОС Microsoft. Критичен рисками некорректной работы СУБД и ОС, как следствие отказ всей системы, снижением темпов металлургического производства, степени удовлетворения клиентов.	600 млн руб.
7	ГеоГИС	ПАО «ГМК «Норильский Никель» ООО «Рексофт» ГК»Систематика» ГК «Айтеко» АО «ОТ-Ойл»	Н/Д-2025	Замещение импортных ГГИС на вновь создаваемую отечественную ИС в части критичных процессов/функций. Создание корпоративной информационной системы поддержки горно-геологического сопровождения процессов проектирования и эксплуатации месторождений ТПИ.	Н/Д
8	Внедрение системы управления производством MES-системы (АСУП) для крупного холдинга химической отрасли	АО «Апатит» ООО «Цифра»	Н/Д-2025	Сбор информации от технологических процессов, формирование производственной отчетности и предоставление информации для принятия управленческих решений и расчетов технико-экономических показателей. Подготовка показателей для передачи в учетные системы.	318,4 млн руб.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Необходимо отметить, что отечественные MES-системы разрабатываются с учетом специфики российских предприятий, включая особенности законодательства и производственных процессов. Это позволяет им лучше соответствовать требованиям пользователей и обеспечивать более эффективное внедрение. Российские MES-системы активно внедряют современные технологии, такие как искусственный интеллект и облачные решения, что позволяет компаниям оставаться конкурентоспособными в условиях цифровой трансформации.

5.2. Проекты за рубежом

Ключевые зарубежные проекты в области управления производственными процессами также преимущественно связаны с внедрением и адаптацией предлагаемых систем к требованиям конкретных отраслей и предприятий. Обзор крупных зарубежных проектов в сфере MES представлен в Таблице 11.

Таблица 11. Обзор крупных проектов в мире

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
1	Meusburger в Австрии [159]	Meusburger	2024	Цель: внедрить MES-решение cronetwork от Industrie Informatik. Планы: • Поддерживать производственные процессы и логистику. • Поддерживать высокое качество продукции и надежность доставки. • Обеспечивать постоянные обновления статуса заказа, позволяя операторам принимать обоснованные решения непосредственно на машинах.	Н/Д
2	Оптимизация производственных процессов с помощью Opcenter [160]	Siemens, ESTRA Automotive Systems	2024	Цель: улучшение качества продукта и увеличение эффективности. Планы: • Повышение производительности за счет автоматизации, позволяющей сократить время простоя оборудования. • Полная прозрачность и отслеживаемость производственного процесса за счет интеграции ИТ/ОТ.	Н/Д

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
				• Сокращение использования бумажных документов в процессе отчетности. • Сокращение запланированного времени производственного цикла до менее 1 минуты. • Повышенная эффективность и скорость дефектоскопии качества.	
3	Внедрение единой системы управления производственными операциями [161]	Dassault Systèmes, Andea, Tokai COBEX	2024	Цель: внедрение DELMIA Apriso от Dassault Systèmes для замены существующих устаревших и ручных систем уровня 3 на производственных предприятиях Tokai COBEX в Польше и Франции. Планы: • Внедрение системы управления производством (MES) и системы управления складом (WMS) для обеспечения единого источника правды, позволяющего контролировать в режиме реального времени, эффективно управлять и полностью отслеживать производственные процессы. • Интеграции с существующими системами, такими как SAP, SCADA и LIMS. • Интеграция с системами технического обслуживания.	Н/Д

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
4	Цифровизация компании с помощью внедрения Siemens Opcenter [162], [163]	Siemens, Deoleo	2023	Цель: повышение операционной эффективности. Планы: • Использование цифровизации для повышения устойчивости за счет сокращения потребления бумаги, чернил и энергии. • Сокращение времени выхода на рынок за счет интеграции процессов и коммуникаций, а также устранения ручного ввода данных. • Повышение устойчивости за счет сокращения пустых трат из-за человеческих ошибок. • Ускоренные процессы обеспечения качества. • Обеспечение лучшей прозрачности с помощью сбора данных и аналитики.	Н/Д
5	Внедрение SAP Digital Manufacturing solution и SAP Business Technology Platform [51]	SAP, Carl Zeiss AG	2023	Цель: повышение эффективности и отсутствие ручного ввода данных, за счет прямого взаимодействия производственного цеха и административных подразделений. Планы: • Гармонизация операций и поддержка бесперебойного производства.	Н/Д

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
				• Замена стандартизированных ручных процессов. • Учет высоких стандартов тестирования и документировании, необходимых для выполнения нормативных обязательств.	

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Системы MES играют важную роль в оптимизации производственных процессов как в России, так и за рубежом. Они служат мостом между ERP и производственными цехами, предоставляя данные в реальном времени и контролируя производственные операции. Цифровизация бизнес-процессов крупнейших производственных компаний мира невозможна без развития MES-систем, что создает запрос на увеличение числа технологических партнерств между крупными ИТ-вендорами и производственными компаниями. Мировой рынок MES быстро развивается благодаря интеграции Интернета вещей, обработке данных в реальном времени и облачным решениям, которые повышают операционную эффективность и гибкость.

ГЛАВА 6. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РОССИИ, В Т.Ч. АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ ПО НИРАМ И НИОКРАМ

В рамках настоящей главы рассматриваются основные аспекты нормативно-правового регулирования сферы промышленного программного обеспечения в России, в т.ч. проводится анализ государственных программ поддержки по НИРам и НИОКРам, посвященным разработке средств управления производственными процессами (MES).

6.1. Анализ нормативно-правовой базы регулирования в России

Развитие существующих отечественных ИТ-решений для промышленного производства и разработка новых специализированных решений с нуля представляют собой важные направления обеспечения технологического суверенитета в области промышленности, требующие соответствующего нормативно-правового обеспечения. При анализе нормативно-правовой базы регулирования сферы промышленного программного обеспечения в России в контексте систем управления производственными процессами (MES) важно учитывать, что промышленное программное обеспечение в значительной части регулируется теми же нормативно-правовыми актами (НПА), что и общесистемные ИТ-технологии.

В частности, среди верхнеуровневых НПА, регулирующих сферу промышленного программного обеспечения (в том числе – сферу систем управления производственными процессами) необходимо отметить следующие:

- Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. N 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями), Федеральный закон от 26.10.2024 N 357-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации».
- Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
- Федеральный закон от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».
- Постановление Правительства РФ от 22.08.2022 г. № 1478 «Об утверждении требований к программному обеспечению, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, используемому органами государственной власти, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, Правил согласования закупок иностранного программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, в целях его использования заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением

организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также закупок услуг, необходимых для использования этого программного обеспечения на таких объектах, и Правил перехода на преимущественное использование российского программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

- Постановление Правительства РФ от 30.09.2022 г. № 1729 «Об утверждении Положения о государственной аккредитации российских организаций, осуществляющих деятельность в области информационных технологий».
- Приказ Минцифры России от 18.01.2023 г. № 21 «Об утверждении Методических рекомендаций по переходу на использование российского программного обеспечения, в том числе на значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, и о реализации мер, направленных на ускоренный переход органов государственной власти и организаций на использование российского программного обеспечения в Российской Федерации».

Кроме того, среди значимых в рассматриваемом контексте НПА можно отметить также:

- О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. (Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309).
- Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий».
- О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 г. № 145).
- Концепция технологического развития на период до 2030 г. (Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 г. № 1315-р).
- Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (Постановление Правительства РФ от 29.03.2019 г. № 377 (ред. от 17.01.2024 г.)).
- Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных

проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 15.04.2023 г. № 603).

- О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации (Указ Президента РФ от 01.05.2022 г. № 250).
- О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 г. № 167 (ред. от 22.11.2023 г.)).
- Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» (вместе с «Методикой расчета целевого показателя «Достижение» цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления», «Методикой расчета целевого показателя «Достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления» для субъекта Российской Федерации», «Методикой расчета целевого показателя «Увеличение доли массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, до 95 процентов», «Методикой расчета показателя «Доля домохозяйств, которым обеспечена возможность широкополосного доступа к сети Интернет», «Методикой расчета целевого показателя» «Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий», «Методикой расчета целевого показателя «Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий» для субъекта Российской Федерации») (Приказ Минцифры России от 18.11.2020 г. № 600 (ред. от 29.12.2023 г.)).
- Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (Протокол заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 04.06.2019 г. № 7).
- Соглашение о намерениях между правительством российской федерации, государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и государственной корпорацией по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех» в целях развития в российской федерации высокотехнологичной области «новые производственные технологии» (Распоряжения Правительства Российской Федерации от 16.07.2020 г. № 1861-р).
- Индустриальные центры компетенций по замещению зарубежных отраслевых цифровых продуктов и решений в ключевых отраслях экономики (Поручение председателя Правительства РФ от 23.09.2022 г.).
- Паспорт федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды» (Утвержден президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни

и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 28.05.2019 г. № 9)).

- Паспорт федерального проекта «Цифровые Технологии» (Утвержден Президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 28.05.2019 г. № 9)).
- Об утверждении Правил разработки, утверждения, реализации, корректировки и завершения комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла и комплексных научно-технических проектов полного инновационного цикла в целях обеспечения реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 19.02.2019 г. № 162 (ред. от 02.08.2023 г.)).
- Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика» (Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 316 (ред. от 18.07.2024 г.)).
- Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2021 гг.» (Постановление Правительства РФ от 21.05.2013 г. № 426 (ред. от 31.03.2021 г.)).
- Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации (Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 (ред. от 16.12.2015 г.)).
- Об утверждении Положения о создании и функционировании советов по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 17.01.2018 г. № 16 (ред. от 02.08.2023 г.)).
- О стратегии экономической безопасности РФ на период до 2030 г. (Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208).

Существенное влияние на развитие MES-систем могут оказать отраслевые НПА, определяющие приоритеты промышленного развития в соответствующих сферах:

- Распоряжение Правительства РФ от 7 ноября 2023 г. N 3113-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к сфере деятельности Министерства промышленности и торговли РФ и внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 6 июня 2020 г.»
- Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 г. (Распоряжение Правительства РФ от 12.03.2024 г. № 581-р).

- Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 г. и на период до 2035 г. (Распоряжение Правительства РФ от 09.09.2023 г. № 2436-р).
- Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации (Распоряжение Правительства РФ от 21.06.2023 г. № 1630-р).
- О продлении срока действия комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 г.» (Указ Президента РФ от 14.04.2022 г. № 202).
- Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14.07.2021 г. № 1913-р).
- Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 05.11.2020 г. № 2869-р).
- Об утверждении государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013 – 2025 гг.» (Распоряжение Правительства РФ от 15.12.2012 г. № 2396-р).
- «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.»)) (Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 (ред. от 15.02.2024 г.)).
- Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 328 (ред. от 13.08.2024 г.)).
- О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства (Указ Президента РФ от 21.07.2016 г. № 350 (ред. от 28.09.2023 г.)).
- Перспективный план стандартизации в области передовых производственных технологий на 2018 – 2025 гг. (Утвержден Министерством промышленности и торговли РФ и Росстандартом 28.01.2019 г. (с изменением № 1 от 28.09.2020 г., № 2 от 21.03.2022 г.)).
- Федеральный закон от 23.10.2007 г. № 270-ФЗ «О Государственной корпорации по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех».
- Федеральный закон от 01.12.2007 г. № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

Рынки НТИ являются одними из важнейших потребителей систем рассматриваемого класса, в связи с чем можно выделить НПА в данной сфере:

- Об утверждении Правил управления реализацией мероприятий программ и проектов Национальной технологической инициативы, результаты которых направлены на решение задач обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации, о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 28.12.2022 г. № 2478 (ред. от 31.08.2023 г.)).
- План мероприятий («дорожная карта») «Маринет» (Одобрена протоколом № 1 от 28.02.2022 г. заочного голосования членов Президиума Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России).
- План мероприятий («дорожная карта») «Нейронет» (Одобрена протоколом № 1 от 28.02.2022 г. заочного голосования членов Президиума Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России).
- План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации плана мероприятий («дорожной карты») Национальной технологической инициативы по направлению «Маринет» (Распоряжение Правительства РФ от 21.01.2020 г. № 40-р (ред. от 01.06.2024 г.)).
- План мероприятий («дорожная карта») «Автонет» (Утверждена приложением № 2 к Протоколу № 1 заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 24.04.2018 г.).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации плана мероприятий («дорожной карты») Национальной технологической инициативы по направлению «Аэронет» (Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2018 г. № 576-р (ред. от 16.09.2021 г.)).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Нейронет» (Распоряжение Правительства РФ от 30.03.2018 г. № 552-р (ред. от 24.12.2021 г.)).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Автонет» (Распоряжение Правительства РФ от 29.03.2018 г. № 535-р (ред. от 21.09.2023 г.)).

- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (Передовые производственные технологии) (Распоряжение Правительства РФ от 23.03.2018 г. № 482-р (ред. от 01.06.2024 г.)).
- План мероприятий («дорожная карта») «Энерджинет» (Одобрена Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 28.09.2016 г., Протокол № 4).
- План мероприятий («дорожная карта») «Аэронет» (Одобрена приложением № 2 к Протоколу № 3 заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 24.06.2016 г.).
- «О реализации Национальной технологической инициативы» (вместе с «Правилами разработки и реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы», «Правилами отбора проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы», «Правилами мониторинга реализации проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы», «Правилами предоставления субсидий из федерального бюджета Фонду поддержки проектов Национальной технологической инициативы на финансовое обеспечение затрат на реализацию проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы и на обеспечение информационной, организационно-технической и экспертно-аналитической поддержки реализации Национальной технологической инициативы») (Постановление Правительства РФ от 18.04.2016 г. № 317 (ред. от 31.08.2023 г.)).

Список основных нормативно-правовых актов, нацеленных на стимулирование внедрения промышленных технологий, включая MES-системы:

- Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета федеральному государственному бюджетному учреждению «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» на осуществление грантовой поддержки реализации проектов малых предприятий по разработке, применению и коммерциализации российских цифровых решений, в том числе в сфере научно-технологического развития (Постановление Правительства Российской Федерации от 23.05.2024 г. № 649 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации» от 03.05.2019 г. № 554).
- О специальных инвестиционных контрактах для отдельных отраслей промышленности (Постановление Правительства РФ № 708 от 16.07.2015 г. (ред. 11.04.2024 г.)).

- О государственной поддержке организаций, реализующих инвестиционные проекты, направленные на производство приоритетной продукции (Постановление Правительства РФ от 22.02.2023 г. № 295).
- О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации (Федеральный закон от 14.07.2022 г. № 323-ФЗ).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета кредитным организациям на возмещение недополученных доходов по кредитам, выданным на приобретение приоритетной для импорта продукции (Постановление Правительства РФ от 18.05.2022 г. № 895 (ред. от 08.08.2023 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским кредитным организациям на возмещение недополученных ими доходов по кредитам, выданным аккредитованным системообразующим организациям в сфере информационных технологий, а также организациям, входящим в группу лиц системообразующей организации в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 26.04.2022 г. № 754).
- О выделении в 2022 г. из резервного фонда Правительства РФ бюджетных ассигнований в связи с ограничительными мерами, предпринятыми в отношении РФ иностранными государствами (Распоряжение Правительства РФ от 01.04.2022 г. № 714-р (ред. от 30.11.2022 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на разработку конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей искусственного интеллекта (Постановление Правительства РФ от 23.08.2021 г. № 1380).
- Об утверждении требований к реализации мероприятий, осуществляемых субъектами Российской Федерации, бюджетам которых предоставляются субсидии на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, а также физических лиц, применяющих специальный налоговый режим «Налог на профессиональный доход», в субъектах Российской Федерации, направленных на достижение целей, показателей и результатов региональных проектов, обеспечивающих достижение целей, показателей и результатов федеральных проектов, входящих в состав национального проекта «МСП и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы», и требований к организациям, образующим инфраструктуру поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства» (Приказ Министерства экономического развития РФ от 26.03.2021 г. № 142).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета производителям станкоинструментальной продукции в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой продукции (Постановление Правительства РФ от 10.08.2020 г. № 1206).

- Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий в целях обеспечения льготного кредитования проектов по цифровой трансформации, реализуемых на основе российских решений в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 05.12.2019 г. № 1598 (ред. от 06.05.2023 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета некоммерческой организации Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий на обеспечение первого масштабного внедрения российских решений в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 03.05.2019 г. № 555 (ред. от 27.12.2023 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета Российскому фонду развития информационных технологий на поддержку проектов по разработке и внедрению российских решений в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 03.05.2019 г. № 550 (ред. от 28.12.2023 г.)).
- Об утверждении правил предоставления субсидий российским организациям на возмещение части затрат на разработку цифровых платформ и программных продуктов в целях создания и (или) развития производства высокотехнологичной промышленной продукции (Постановление Правительства РФ от 30.04.2019 г. № 529 (ред. от 22.11.2022 г.)).
- Об утверждении Правил организации и проведения технологических конкурсов в целях реализации Национальной технологической инициативы и Правил предоставления субсидий из федерального бюджета Фонду поддержки проектов Национальной технологической инициативы на финансовое обеспечение затрат на организацию и проведение технологических конкурсов в целях реализации Национальной технологической инициативы и о внесении изменения в перечень международных, иностранных и российских премий за выдающиеся достижения в области науки и техники, образования, культуры, литературы, искусства, туризма и средств массовой информации, суммы которых, получаемые налогоплательщиками, не подлежат налогообложению (Постановление Правительства РФ от 03.04.2018 г. № 403 (ред. от 13.07.2023 г.)).

Перечень некоторых нормативно-правовых актов, регулирующих внедрение и использование MES-систем:

- ГОСТ Р 59793-2021.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания:

  Настоящий стандарт распространяется на автоматизированные системы, используемые в различных видах деятельности (исследования, управление, проектирование

и т. п.), включая их сочетания, создаваемые в организациях, объединениях и на предприятиях.

- ГОСТ 34.201-2020.

  Межгосударственный стандарт. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем:

  Настоящий стандарт распространяется на автоматизированные системы, используемые в различных сферах деятельности (управление, исследования, проектирование и т. п.), включая их сочетания, и устанавливает требования к видам, наименованию, комплектности и обозначению документов, разрабатываемых на стадиях создания автоматизированной системы.

- ГОСТ Р 56939-2016.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Защита Информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Общие Требования:

  Настоящий стандарт устанавливает общие требования к содержанию и порядку выполнения работ, связанных с созданием безопасного (защищенного) программного обеспечения и формированием (поддержанием) среды обеспечения оперативного устранения выявленных пользователями ошибок программного обеспечения и уязвимостей программы.

  Настоящий стандарт предназначен для разработчиков и производителей программного обеспечения, а также для организаций, выполняющих оценку соответствия процесса разработки программного обеспечения требованиям настоящего стандарта.

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств:

  Настоящий стандарт используется при приобретении систем, программных продуктов и услуг, при их поставке, разработке, применении по назначению, сопровождении и прекращении применения программных продуктов и программных компонентов системы как в самой организации, так и вне ее. Эти аспекты системного определения включаются в настоящий стандарт для обеспечения содержания понятий программных продуктов и услуг.

  Настоящий стандарт устанавливает также процесс, который может использоваться при определении, управлении и совершенствовании процессов жизненного цикла программных средств.

- ГОСТ 18322-2016.

Межгосударственный стандарт. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения:

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения основных понятий в области технического обслуживания и ремонта техники.

- ГОСТ Р 56939-2016.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Защита информации. Разработка Безопасного Программного Обеспечения. Общие требования:

  Настоящий стандарт устанавливает общие требования к содержанию и порядку выполнения работ, связанных с созданием безопасного (защищенного) программного обеспечения и формированием (поддержанием) среды обеспечения оперативного устранения выявленных пользователями ошибок программного обеспечения и уязвимостей программы.

- ISA-95.

  Международный стандарт для разработки интерфейса между предприятиями и управляющими системами:

  Настоящий стандарт разработан для применения во всех видах производства, для всех видов процессов, например, непрерывных или повторяющихся.

- ГОСТ Р МЭК 62443-2-1-2015.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы. Часть 2-1. Составление программы обеспечения защищенности (кибербезопасности) системы управления и промышленной автоматики:

  Настоящий стандарт определяет элементы, необходимые для встраивания системы управления кибербезопасностью (CSMS) в системы управления и промышленной автоматики (IACS). Также в настоящем стандарте также приведено руководство по разработке таких элементов.

- ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования:

  Настоящий стандарт устанавливает требования к системе менеджмента качества в тех случаях, когда организация:

  1. Нуждается в демонстрации своей способности постоянно поставлять продукцию и (или) услуги, отвечающие требованиям потребителей и применимым законодательным и нормативным правовым требованиям.

  2. Ставит своей целью повышение удовлетворенности потребителей посредством результативного применения системы менеджмента качества,

включая процессы ее улучшения, и обеспечение соответствия требованиям потребителей и применимым законодательным и нормативным правовым требованиям.

Все требования настоящего стандарта носят общий характер и предназначены для применения любыми организациями независимо от их вида, размера, поставляемой продукции и предоставляемых услуг.

- ГОСТ Р 52896-2017.

  Национальный стандарт Российской Федерации. Производство Лекарственных Средств. Производственные системы и оборудование для производства лекарственных средств. Общие требования:

  Настоящий стандарт применим ко всем элементам фармацевтических и биофармацевтических производственных систем, в том числе к инженерно-техническому оборудованию, производственному оборудованию, вспомогательным системам, связанным с ними системам мониторинга и контроля, а также системам автоматизации, которые способны оказывать влияние на качество продукции и безопасность пациента.

  Также данный стандарт может быть применим к лабораторным и информационным производственным системам, к производственным системам медицинского оборудования.

Большая часть нормативно-правовых актов, регулирующих сферу поддержки промышленного программного обеспечения, является достаточно высокоуровневыми и работают скорее на уровне отраслей и технологических секторов экономики. Более близким к сфере инженерного ПО и технологий MES среди нормативно-правовых актов являются «дорожные карты» Национальной технологической инициативы.

Преодоление административных барьеров и совершенствование законодательной базы в области передовых производственных технологий является ключевой задачей нормативной «дорожной карты» «Технет», направленной на развитие и внедрение перспективных технологий, продуктов и услуг мирового уровня. План мероприятий нормативной ДК учитывает технологические особенности новых производственных технологий, ускорение и снижение стоимости разработки, а также децентрализацию производственных процессов, являющуюся основой для перспективной массовой кастомизации в производстве инновационной продукции.

Среди ожидаемых результатов реализации нормативной «дорожной карты» «Технет» можно выделить:

- Улучшение системы статистического учета сферы передовых производственных технологий.
- Развитие единых форматов подготовки и приемки цифровой документации, снижающее технические барьеры в отрасли.
- Увеличение возможностей по взаимодействию с госорганами в безбумажном виде.

- Уравнивание вычислительных и натурных экспертов в работе проектировщиков с точки зрения юридического статуса и государственного надзора.
- Упрощение порядка признания на национальном уровне новых схем и методик оценки соответствия для инновационных продуктов.
- Увеличение эффективности и безопасности разработки, сертификации и применения передовых производственных технологий в различных отраслях промышленности.

6.2. Анализ государственных мер поддержки, в т.ч. по НИРам и НИОКРам, сведения о значимых поддержанных проектах

В связи с наращиванием санкционного давления на Российскую Федерацию и актуализацией задачи обеспечения технологического суверенитета в контексте функционирования отечественной промышленности увеличиваются масштаб и разнообразие мер государственной поддержки разработки инженерного ПО и, в частности, развития российских систем управления производственными процессами (MES). Распространенные MES-системы во многом имеют узкую отраслевую специфику, при этом отечественный ландшафт используемых MES-систем отличается большим разнообразием, в связи с тем, что значительное число подобных программ создавались под задачи обеспечения работы конкретных организаций. В силу этого, в зависимости от конкретных индустриальных задач, для внедрения новых передовых программ в сфере MES актуальными являются различные форматы государственной поддержки – от относительно малых грантов Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, до масштабных форматов, предусматривающих работу в течение нескольких лет с привлечением внебюджетного финансирования или субсидированных кредитов (таблица 12).

Таблица 12. Обзор основных мер государственной поддержки

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
1	Субсидия на возмещение части затрат на разработку цифровых платформ и (или)	№ 529 от 30.04.2019	ЦТ/ЦЭ[3]	Минпромторг	Субсидия	Субсидия предоставляется разработчикам цифровых платформ и программных продуктов в целях	Разработчики цифровых платформ	Объем финансирования не обозначен, мера действует для ранее отобранных проектов.

[2] Постановление Правительства Российской Федерации

[3] Федеральный проект «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
	программных продуктов					дальнейшего внедрения на промышленных предприятиях, осуществляющих деятельность в обрабатывающих отраслях экономики		Софинансирование – не менее 50%
2	Субсидии российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на реализацию проектов по внедрению российских решений в сфере информационных технологий в целях повышения уровня «цифровой зрелости» отраслей промышленности	Субсидия № 24-66821-01674-Р от 20.09.2024 г.	ГП «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности»	Минпромторг	Субсидия	Повышение уровня цифровой зрелости предприятий.	Заказчики, производители промышленной продукции («обрабатывающие производства») и научные организации	Срок исполнения – не более 3х лет. Сумма субсидии – от 30 млн руб. до 250 млн руб. ежегодно. Софинансирование не менее 50%
3	Субсидии на финансовое обеспечение части затрат на	№ 1380 от 23.08.2021 г.	ИИ/ЦЭ[4]	Минпромторг	Субсидируемые расходы на разработку	Разработка конкурентоспособных нишевых аппаратно-	Разработчики, производители ПАК с использованием ИИ	Максимальный ежегодный размер субсидии, предоставляемой

[4] Федеральный проект «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
	разработку конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей искусственного интеллекта					программных комплексов для целей искусственного интеллекта		российской организации по одному комплексному проекту, составляет не более 500 млн руб. Срок реализации проекта – 12 месяцев
4	Гранты на поддержку проектов по преобразованию приоритетных отраслей экономики и социальной сферы на основе внедрения отечественных продуктов на базе «сквозных» цифровых технологий	№ 555 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд «Сколково»	Гранты	Преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы на основе внедрения отечественных продуктов, сервисов, платформенных решений, созданных на базе сквозных цифровых технологий	Заказчик – коммерческая организация, внедряющая решение на основе сквозных технологий	Размер гранта составляет не менее 20 млн руб. и не более 300 млн руб. Для особо значимых проектов максимальный размер гранта может составлять не более 700 млн руб. Софинансирование не менее 50%. Срок реализации не менее 6 и не более 30 месяцев
5	Льготное кредитование компаний реализующим проекты по цифровой трансформации и внедряющим ИТ-решения	№ 1598 от 05.12.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Минцифры	Субсидируемые кредиты	Ускорение цифровой трансформации отраслей экономики и внедрение российских решений	Разработчики (получатели льготных кредитов) и коммерческие банки, финансирующие ИТ-	Размер льготной ставки по кредиту: от 1 до 5% (до 3% для аккредитованных ИТ-организаций); Размер кредита для реализации проекта:

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
							проекты (получатели субсидий)	минимальный – 5 млн руб., максимальный – 5 млрд руб. Размер кредита для реализации программы(совокупности проектов): минимальный – 500 млн руб., максимальный – 10 млрд руб. Софинансирование: не обязательно. Сроки – определяются банком.
6	Льготное кредитование (субсидируемое) системообразующих организаций в сфере ИТ, а также аккредитованных организаций в сфере ИТ	№ 754 от 26.04.2022 г.	Федеральный проект «Развитие ЦЭфровых и информаЦЭонных проектов на территории субъектов Российской ФедераЦЭи» государственной программы Российской ФедераЦЭи «ИнформаЦЭонное общество»	Минцифры	Льготное кредитование	Сохранение потенциала динамичного развития отрасли информационных технологий в сложных экономических условиях посредством льготного кредитования системообразующих ИТ-организаций и ИТ-организаций, входящих в	Разработчики (получатели льготных кредитов) и коммерческие банки, финансирующие ИТ-проекты (получатели субсидий)	Процентная ставка по кредиту: до 11%; Размер кредита: одного заемщика до 10 млрд руб., для группы лиц одной системообразующей организации (включая эту системообразующую организацию) до 30 млрд руб. Срок кредитования: до 12 месяцев.

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						группу лиц указанных организаций		Максимальный объем кредита, для группы лиц одной системообразующей организации (включая эту системообразующую организацию): 30 млрд руб.
7	Грант на внедрение российских ИТ-решений	№ 550 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	РФРИТ	Гранты, субсидии	Внедрение отечественных продуктов, сервисов и платформенных решений в целях ускорения их развития	Заказчики – коммерческие организации, осуществляющие проект по внедрению отечественного решения	Сумма гранта – от 10 млн руб. до 6 000 млн руб. Срок проекта – от 6 до 60 месяцев; Софинансирование – не менее 50% сметы реализации проекта»
8	Конкурс «Цифровизация-Цифровые технологии»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника[5]	Гранты	Поддержка предприятий, планирующих применение российских ИТ решений и стимулирование цифровизации отраслей	Разработчики. «В конкурсном отборе могут принимать участие организации, соответствующие критериям отнесения к субъекту малого предпринимательства в	Объем гранта – до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет.

[5] Полное название: «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
							соответствии с Федеральным законом от 24 июля 2007 г. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации»	
9	Конкурс «Код-Цифровые технологии»	Постановление Правительства Российской Федерации от 03.05.2019 г. № 554	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Создание новых и поддержку существующих малых инновационных предприятий, стремящихся развивать открытый код, создавать и развивать открытые библиотеки	Разработчики – малые предприятия и индивидуальные предприниматели	Размер гранта не может превышать 10 млн руб. на реализацию проекта. Срок выполнения проекта – до двух лет. Требования по софинансированию не обозначены.
10	Конкурс «Старт-Цифровые технологии-1»	Постановление Правительства Российской Федерации от 03.05.2019 г. № 554	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Создание новых и поддержку существующих малых инновационных предприятий, стремящихся разработать и освоить производство новых продуктов,	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 4 млн руб. Срок выполнения НИОКР – 1 год. Требования по софинансированию не обозначены.

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						имеющих значительный потенциал коммерциализации		
11	Конкурс «Развитие-ЦТ»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержку предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж наукоемкой продукции на рынке, и нуждающихся в дополнительных НИОКР	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет.
12	Конкурс «Экспорт-Цифровые технологии»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка предприятий, планирующих доработку или масштабирование собственных цифровых решений, продуктов или платформ и вывод собственной продукции на зарубежные рынки	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет.
13	Конкурс «Коммерциализация-	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка предприятий, планирующих	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
	Цифровые технологии»					доработку и (или) масштабирование собственных цифровых решений, продуктов или платформ и вывод собственной продукции на новые рынки		составляет до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет.
14	Конкурс «Код Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Создание и развития открытых библиотек в сфере искусственного интеллекта в России	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта не может превышать 10 млн руб. на реализацию одного проекта, не более 2 млн руб. одному физическому лицу, подавшему заявку или члену проектной команды. Срок выполнения проекта – до двух лет. Требования по софинансированию не обозначены.
15	Конкурс «Акселерация-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты + акселерационная программа	Поддержка малых предприятий, целью которых является разработка и	Разработчики – малые предприятия, участвующие в	Размер гранта, а также стоимости акселерационной программы не может

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						освоение производства новой продукции, сервисов и (или) решений с использованием технологий искусственного интеллекта	аккредитованных акселерационных программах	превышать 800 тыс. руб. Средства гранта могут быть направлены исключительно на оплату акселерационной программы, аккредитованной Фондом. Срок выполнения проекта – 9 месяцев. Требования по софинансированию не обозначены.
16	Конкурс «Старт-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, находящихся на начальной стадии развития и стремящихся разработать и освоить производство новых решений в области искусственного интеллекта	Разработчики – малые предприятия и индивидуальные предприниматели	Размер гранта не может превышать 4 млн руб. Срок выполнения НИОКР составляет 12 месяцев с даты заключения. договора о предоставлении гранта. Требования по софинансированию не обозначены.
17	Конкурс «Развитие-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, имеющих положительную деловую репутацию	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта не может превышать 30 млн руб. Софинансирование – не менее 20% от

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						и опыт продаж наукоемкой продукции на рынке, нуждающихся в дополнительных НИОКР		суммы гранта. Срок выполнения НИОКР – до двух лет.
18	Конкурс «Внедрение-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж, планирующих внедрение собственных решений в области искусственного интеллекта	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта – до 50 млн руб. Софинансирование проекта – не менее 50%. Срок выполнения технологического проекта – до 27 месяцев.
19	Конкурс «Коммерциализация-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж, планирующих доработку, апробацию и (или) внедрение собственных решений в области искусственного интеллекта	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта – до 30 млн руб. Софинансирование проекта – не менее 20% от суммы гранта. Сроки выполнения проекта – до 18 месяцев.

№	Название	ПП РФ[2]	Нац. проект/ Нац. программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
20	Комплекс налоговых льгот	Федеральный закон от 14.07.2022 г. № 323-ФЗ	Не обозначено	ФНС	Налоговые льготы	Поддержка российских ИТ-компаний	Компании, получающие доходы от: услуг по доработке, внедрению и поддержке любого российского ПО; продажи онлайн рекламы на своих платформах; размещения объявлений на классифайдах; предоставления платного доступа к контенту (фильмам и музыке), в том числе по подписке; оказания образовательных услуг с использованием онлайн платформ; разработки и продажи российских ПАК	Налог на прибыль установлен на уровне 0% до 31.12.2024 г. Страховые взносы – 7,6%. Количественный критерий по доле ИТ-выручки, который позволяет получить налоговые льготы, – до 70%.

Источники: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Министерства промышленности и торговли [164], Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере [165], Федеральной налоговой службы [166]

Для более подробного анализа значимых проектов в сфере MES, на которые распространяются меры поддержки, в рамках настоящего раздела по ключевым словам «MES», «MES-система» отобраны проекты по выполнению научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ (НИОКТР) от 2020 г., зарегистрированные в системе домена «Наука и инновации», консолидирующего сведения о достижениях отечественной науки, ученых и научных коллективах и реализованного на базе Единой государственной информационной системы учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, с использованием защищенной единой цифровой облачной платформы «ГосТех» [167].

Ключевые сведения о поддержанных проектах, относящихся к области MES-систем, приведены в Таблице 13.

Таблица 13. Сведения о поддержанных проектах

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
1	Разработка систем мониторинга и предиктивной аналитики производственных систем с использованием технологии машинного зрения и обучения	Минобрнауки России	ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	Цель – разработка модульной программной системы мониторинга и предиктивной аналитики дискретного производства в машиностроении за счет разработки ситуационно-адаптированных алгоритмов распознавания образов, компьютерной обработки изображений, математического моделирования производственной среды, которая может интегрироваться с MDC-системами или использоваться в качестве автономной MDC-системы для передачи оперативной информации в MES-систему или ERP-систему	2024	50,2
2	Разработка и испытания программируемого логического конвертера интерфейсов для интеграции периферийного оборудования с	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Синьвей»	Цель – разработка аппаратно-программного устройства, конвертера интерфейсов для подключения автоматизированных производственных линий к SCADA и MES системам. Разрабатываемое устройство позволит подключить к современным SCADA и MES системам существующие производственные линии и	2023	4

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
	АСУТП/SCADA системам			оборудование с устаревшими интерфейсами путем несложной модернизации, часто без полной остановки лини		
3	Разработка и испытания опытного образца информационной системы управления производством фотонных интегральных схем	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Аетерна Технология»	Цель – создание отечественной MES-системы, программного обеспечения для управления процессом производства фотонных интегральных схем	2023	20
4	Создание систем мониторинга движения ДСЕ в ходе изготовления	Минобрнауки России	ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	Цель – оптимизация системы учета движения материального потока по цепочке операций технологического маршрута (стадиям передела), уменьшение производственных потерь связанных с простоями, нерациональной межоперационной логистикой за счет внедрения средств предиктивной аналитики потенциальных несоответствий с использованием технологий компьютерного зрения и машинного обучения. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: Программная система мониторинга движения деталей и сборочных единиц в ходе изготовления	2023	2
5	Разработка и тестирование прототипа цифровой платформы сбора, хранения, обработки	Фонд содействия развитию малых форм предприятий	ООО «Матч Поинт Консалтинг»	Цель – создать прототип платформы на основе открытого кода и современных технологий для комплексного информационно-аналитического обеспечения производственных процессов	2022	4

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
	и анализа производственных данных	в научно-технической сфере		с целью применения и внедрения на промышленных предприятиях в рамках импортозамещения в качестве альтернативы системам западных вендоров. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: Платформа для сбора, хранения и обработки производственных данных МПК-Пересвет		
6	Цифровая автоматизированная система контроля и управления материальным и энергетическим балансом кремниевого производства. «Умный» цех по производству кремния – интеллектуальные нейрокомплексы	Российский научный фонд	ФГБОУ ВО СПГУ	Цель – создать цифровую автоматизированную систему контроля и управления материальным и энергетическим балансом кремниевого производства. Второй этап работ посвящен созданию SCADA системы кремниевого производства	2022	3
7	SMT MES система сбора и анализа данных с автоматизированных линий и ручных мест для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках производств электроники	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «СМТтех»	Цель – создание MES-системы. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: SMT MES – система автоматизации производства	2022	20

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
8	Разработка и испытания прототипа интеллектуальной цифровой рекомендательной платформы управления производством и контроля качества продукции для кабельной отрасли	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «ПИН-Программная Интеграция»	Цель – разработка и испытание прототипа интеллектуальной цифровой рекомендательной платформы управления производством и контроля качества продукции для кабельной отрасли. НИОКР направлена на расширение функциональных возможностей существующих и перспективных MES систем в части управления качеством (QA), управления производственными процессами (PM) и анализа производительности (PA) путем реализации функций поддержки принятия решений и прогнозной аналитики; совершенствование методов технического контроля качества продукции, основанных, в частности, на оптических неразрушающих методах, с использованием технологий ИИ. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: Программный модуль KedjAI интеграционной программной платформы PINTegrator	2022	8
9	Разработка концепции применения технологий интегрированной реальности для организации и оптимизации производственных процессов создания изделий аэрокосмической техники	Минобрнауки России	ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	Цель – разработка системы оперативного планирования производства на основе интеграции контура имитационного моделирования и контура объективного мониторинга производственной среды. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: Программный модуль для	2022	3

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
				идентификации объектов производственной среды		
10	Разработка и тестирование прототипа системы оптимизации производственных ресурсов	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Цифровые фабрики»	Цель – разработка системы планово-предупредительного ремонта, комплектации и обеспечения работы инженерного оборудования и производства APS Factor построена по методологии EAM, которая дает возможность за счет применения информационных технологий, не прибегая к закупкам нового оборудования, увеличить производственную мощность предприятия. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: Система управления оптимизации производственных ресурсов при ремонте	2022	3
11	Разработка программного-аппаратного комплекса для управления и автоматизации производственного процесса на основе философии Lean	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Линкей»	Цель – разработать программно-аппаратный комплекс для управления и автоматизации производственного процесса. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: 1. LeanKey MES 2. Программно-аппаратный комплекс для управления технологическим процессом	2020	2
12	Разработка прототипа программного-аппаратного комплекса для управления и автоматизации производственного процесса	Фонд содействия развитию малых форм предприятий	ООО «Линкей»	Цель – разработка прототипа программного-аппаратного комплекса для управления и автоматизации производственного процесса. ПАК LeanKey предназначен для дистанционного управления производственным циклом в условиях мелкосерийного или	2020	2

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
		в научно-техниче-ской сфере		единичного производства с целью уменьшения временных и денежных потерь, а также повышения качества конечного продукта		
13	Разработка и испытания прототипа системы адаптивного внутрицехового планирования производства в реальном времени	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-техниче-ской сфере	ООО «МЕС-Технологии»	Цель – разработка системы для адаптивного внутрицехового планирования производства в реальном времени на базе роевых алгоритмов и мультиагентных систем. Система отличается повышенной производительностью и эффективностью планирования и возможностью интеграции с отечественными ERP и ТОиР-решениями. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: 1. Модуль интеграции с системами технического обслуживания и ремонта 2. Модуль контроля инструмента и технологической оснастки 3. Модуль управления производственным персоналом	2020	5
14	Разработка программного-аппаратного комплекса для управления и автоматизации производственного процесса.	Фонд содействия инновациям	ООО «Линкей»	Цель – разработка программного-аппаратного комплекса для управления и автоматизации производственного процесса	2020	2

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по домена «Наука и инновации» [167]

Среди научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, связанных с развитием MES-систем, значительную долю составляют относительно небольшие проекты с финансированием до 20 млн руб., реализуемые преимущественно за счет поддержки Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, а также с привлечением средств Минобрнауки и Российского научного фонда. Большая часть рассматриваемых проектов

концентрируется на разработке специализированных компонентов для использования в MES-системах.

ГЛАВА 7. БАРЬЕРЫ И РИСКИ, ПРИСУТСТВУЮЩИЕ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

В рамках настоящей главы рассматриваются барьеры и риски развития систем управления производством:

- Ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке.
- Необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем.

7.1. Ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке

В данном разделе рассмотрены ключевые барьеры и риски развития MES-систем, присутствующие на отечественном рынке. Перечень с их краткими формулировками представлен в Таблице 14, далее каждая проблема описана подробно. Информация представлена на основе открытых источников информации.

Таблица 14. Перечень барьеров и рисков развития систем на отечественном рынке

№	Барьеры и риски развития систем
1	Недостаток стандартизации производственных процессов и продукции может привести к сложностям внедрения MES-системы [168]
2	Стремительное развитие ИТ-сферы, что влияет на актуальность и применимость уже созданных решений [168]
3	Недостаток интеграции с существующими системами [168]
4	Отсутствие ответственности мастеров и начальников цехов за учет [169]
5	Отсутствие спроса на информацию из системы [169]
6	Отсутствие пользовательской и технической документации [169]
7	Неукомплектованная команда проекта [169]
8	Недостаток ИТ-экспертизы в компании [168]
9	Высокая сложность интерфейсов первичного учета [169]
10	Риски в области безопасности, например, уязвимость и подверженность атакам [170]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Далее вышеперечисленные барьеры и риски развития систем рассматриваются подробнее.

1. Недостаток стандартизации производственных процессов и продукции может привести к сложностям внедрения MES-системы. Каждый производственный процесс и продукт имеет свои уникальные требования, что может сделать внедрение сложным

и дорогостоящим. Так, компания «Северсталь» поставила перед собой задачу по унификации процесса учета металла во всех цехах, но столкнулась с некоторыми трудностями [168]. Предлагаемое организацией-подрядчиком решение не удалось настроить под конкретное производство, поэтому ими было принято решение о создании новой системы, что требует затрат дополнительного временного ресурса. Полученный прототип состоял из множества отдельных файлов, каждый из которых осуществлял функциональность отдельной области, например, производство, качество, склады, справочники и прочее. Возникшие трудности связаны в основном с тем, что производство в одном цехе сильно отличается от другого, в то время как готовые решения не учитывают специфику работы.

2. Стремительное развитие ИТ-сферы, что влияет на актуальность и применимость уже созданных решений. Проблема заключается в том, что языки программирования, которые использовались для некоторых решений, со временем могут быть уже не актуальными. Становится все сложнее найти специалиста, который будет способен поддерживать работу существующих систем [168].

3. Недостаток интеграции с существующими системами. Некоторые компании вынуждены самостоятельно заниматься разработкой решений и в ходе этого сталкиваются с тем, что одним из самых трудоемких процессов является интеграция с другими системами [168]. Опыт показывает, что это затрудняет приведение решений к единому формату.

4. Отсутствие ответственности мастеров и начальников цехов за учет. Именно сотрудники производства должны отвечать за учет, поскольку в таком случае представленная в MES-системе информация будет достоверной. Формы, с помощью которых организации отчитываются о полученных результатах, должны быть заменены MES-системой, а процесс заполнения форм должен быть заменен на процесс подтверждения корректности результатов смены [169].

5. Отсутствие спроса на информацию из системы. В случае, если результаты учета из MES-системы не используются в качестве первичной информации на регулярной основе, сбор и обработка этих данных будут являться не первостепенной задачей и, как следствие, информация в системе начнет терять актуальность [169].

6. Отсутствие пользовательской и технической документации. Подобные инструкции необходимы для того, чтобы любой сотрудник имел возможность самостоятельно обучиться работе в MES-системе, что значительно экономит время в пользу выполнения непосредственных обязанностей. Кроме того, знание пользовательской и технической документации позволяет повысить эффективность взаимодействия со специалистами поддержки и ускорить процесс доработки в случае необходимости [169].

7. Неукомплектованная команда проекта. Данный барьер состоит из нескольких аспектов [169]:

   - Отсутствие координатора проекта. Для реализации проекта по внедрению MES-системы на производство важно своевременно следить за реализацией каждого из этапов. Так, самой частой причиной срыва сроков подобных проектов являются задержки в поставках, монтаже или настройке оборудования.

   - Невовлеченность или отсутствие функциональных потребителей. Среди потребителей системы можно выделить руководителя производства, финансового директора, технологов и др., и эти специалисты должны контролировать корректность учета. Если они не будут заинтересованы в получении информации из системы, она будет терять необходимость и, как следствие, актуальность.

   - Отсутствие первой линии поддержки. Выделяют две линии поддержки при сопровождении информационных систем: первая работает с относительно простыми вопросами с помощью инструкций, вторая – решает более сложные вопросы и отвечает за развитие системы в целом. Среди сотрудников первой линии не обязательно должны быть ИТ-специалисты, поэтому при ее отсутствии более дорогостоящие ИТ-специалисты будут вынуждены заниматься обработкой простых вопросов, а не развитием MES-системы.

8. Недостаток ИТ-экспертизы в компании. Во-первых, квалифицированные ИТ-специалисты необходимы для обеспечения качественного процесса внедрения MES-систем и их поддержки, во-вторых, для того, чтобы самостоятельно разрабатывать подобные системы или вносить существенные изменения в них по необходимости [168].

9. Высокая сложность интерфейсов первичного учета. Это может повысить уровень вероятности совершения ошибок персоналом, а в дальнейшем привести к низкой производительности [169].

10. Риски в области безопасности, например, уязвимость и подверженность атакам. Уязвимости, которые есть в любом программном обеспечении, могут быть использованы злоумышленниками. Это происходит по разным причинам: нерегулярные обновления ПО, недочеты в программном коде и другое. Также MES-системы подвержены атакам в точках взаимодействия с другими интегрированными системами. Наконец, системы управления производством зачастую подключены к корпоративной сети, через которую они могут подвергаться атакам [170].

В заключение, эффективное внедрение и поддержка систем управления производством требуют комплексного подхода. Отечественным компаниям следует с особым вниманием подходить к оценке и управлению возможными рисками для минимизации возникновения проблем и обеспечения результативного функционирования MES-систем.

7.2. Необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем

В данном разделе рассмотрены действия, необходимые для преодоления барьеров и решения проблем, описанных выше. Перечень рисков и барьеров развития MES-систем, а также предлагаемых решений, сформированных на основе открытых источников информации, представлен в Таблице 15. Далее решения описаны более подробно.

Таблица 15. Перечень барьеров развития систем на российском рынке и предлагаемые решения для их преодоления

№	Барьеры и риски развития систем	Предлагаемые решения для преодоления барьеров
1	Недостаток стандартизации производственных процессов и продукции может привести к сложностям внедрения MES-системы	Модульная архитектура базы данных [168]
2	Стремительное развитие ИТ-сферы, что влияет на актуальность и применимость уже созданных решений	Регулярное обучение сотрудников [168]
3	Недостаток интеграции с существующими системами	Стандартизация интерфейсов [168]
4	Отсутствие ответственности мастеров и начальников цехов за учет	Назначение ответственности за учет сотрудников производства [169]
5	Отсутствие спроса на информацию из системы	Обеспечение регулярного спроса на информацию, использование в качестве первичных данных [169]
6	Отсутствие пользовательской и технической документации	Оперативная разработка пользовательской и технической документации для системы [169]
7	Неукомплектованная команда проекта	Своевременное формирование полноценной команды проекта [171]
8	Недостаток ИТ-экспертизы в компании	Партнерство с экспертами в сфере информационных технологий [171]
9	Высокая сложность интерфейсов первичного учета	Разработка интуитивно понятных интерфейсов, обеспечение высокого уровня производительности [169]
10	Риски в области безопасности, например, уязвимость и подверженность атакам	Шифрование данных, многофакторная аутентификация, аудит безопасности, обновление ПО [170]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников

Далее вышеперечисленные предлагаемые решения для преодоления барьеров рассматриваются подробнее.

1. Решением для недостатка стандартизации производственных процессов и продукции может выступить модульная архитектура базы данных, позволяющая

настраивать систему под разные процессы и продукцию. Это дает возможность создавать единый подход к управлению производством, несмотря на различия [168].

2. Стремительное развитие ИТ-сферы, которое влияет на актуальность и применимость уже созданных решений, – это тот барьер, который следует не столько решать, сколько под него подстраиваться и адаптироваться. Сделать это можно, например, с помощью регулярного обучения сотрудников для того, чтобы они обладали актуальными знаниями о тенденциях и технологиях [168].

3. Среди предложений по преодолению проблемы недостатка интеграции с существующими системами есть стандартизация интерфейсов между различными системами для облегчения интеграции и снижения сложности. Это позволяет создавать единое информационное пространство, где данные могут свободно передаваться между системами [168].

4. Для того, чтобы представленная в системе управления производством информация была актуальной, необходимо назначить ответственными за учет мастеров и начальников цехов, то есть сотрудников производства [169].

5. Важно обеспечивать регулярный спрос на информацию из MES-систем для поддержания актуальности данных и их дальнейшей обработки.

6. При внедрении на предприятии системы управления производством необходимо разработать пользовательскую и техническую документацию для ускорения процесса обучения и освоения решений [169].

7. Внедрение MES-системы является комплексным процессом, который требует формирования полноценной команды проекта. Важно делать это своевременно и учитывая все аспекты заранее [171].

8. Процесс внедрения можно осуществить более эффективно с помощью построения партнерских связей с экспертами в сфере информационных технологий, которые имеют опыт внедрения и поддержки систем управления производством [171].

9. Во избежание совершения ошибок сотрудниками компании рекомендуется разработка интуитивно понятных интерфейсов и обеспечение высокого уровня производительности MES-системы [169].

10. Для преодоления барьеров в области безопасности системы следует применять такие методы, как шифрование данных, многофакторная аутентификация, также следует регулярно проводить аудит безопасности и обновлять ПО. Еще одним решением данной проблемы будет обучение сотрудников в сфере кибербезопасности для снижения рисков, которые связаны с человеческим фактором [170].

В заключение, внедрение системы управления производством – это комплексный процесс, который требует тщательного планирования: анализ деятельности предприятия, обучение сотрудников, пересмотр обязанностей сотрудников и другое. Также важно учитывать особенности систем, планируемых к внедрению, и подрядчика, который будет сопровождать процесс внедрения для того, чтобы получить качественный результат в требуемые сроки.

ГЛАВА 8. АНАЛИЗ В СООТВЕТСТВИИ С НАПРАВЛЕНИЯМИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 2024: MES-ТЕХНОЛОГИИ В РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КФС

Под MES (manufacturing execution system) системой в составе КФС будем понимать подсистему, реализующую на аппаратно-программном уровне стратегии управления производственными процессами, и включающую решение таких подзадач, как синхронизация, координация, анализ и оптимизация выпуска продукции в рамках какого-либо производства. MES-системы в составе КФС следует отнести к классу систем управления уровня цеха, но могут использоваться и для интегрированного управления производством на предприятии в целом.

Среди наиболее общих основных задач MES-систем в составе КФС следует выделить базовый функционал, включающий:

- Активация производственных мощностей на основе детального пооперационного планирования производства.
- Отслеживание производственных мощностей.
- Сбор информации, связанной с производством, от систем автоматизации производственного процесса, датчиков, оборудования, персонала, программных систем.
- Отслеживание и контроль параметров качества.
- Обеспечение персонала и оборудования информацией, необходимой для начала процесса производства.
- Установление связей между персоналом и оборудованием в рамках производства.
- Установление связей между производством и поставщиками, потребителями, инженерным отделом, отделом продаж и менеджментом.
- Реагирование на требования по номенклатуре производства, изменение компонентов, сырья и полуфабрикатов, применяемых в процессе производства, изменение спецификации продуктов, доступность персонала и производственных мощностей.
- Гарантирование соответствия применимым юридическим актам.
- Соответствие используемым промышленным стандартам.

Математико-программное обеспечение КФС – кибер-физической системы – рассматривается как гибридная технологическая платформа для интеллектуальной оптимизации процессов управления. Разрабатываемая система относится к иерархическим уровням «Work Centers» и «Station», а также к этапу «Instance – Production» жизненного цикла в соответствии с моделью RAMI4.0 [172]. Рассматриваемая система позволяет сформулировать рекомендации лицу, принимающему решения, с использованием методов многокритериальной оптимизации, относится к классу интерактивных [173] и выполняет следующие основные функции на основе динамически меняющейся информации о производственном процессе:

1. Формирует датасеты для их обработки в подсистемах на основании показаний датчиков и конфигурирования имеющихся данных.
2. Прогнозирует значения заданных параметров, имеющих принципиальное значение для потребителей требуемых ресурсов на предприятии.
3. Решает задачу оптимизации работы подсистем, генерирующих тепловую и электрическую энергию.
4. Решает задачу балансировки подсистем «производитель – потребитель» с учетом прогноза потребности (п.2) и оптимизации производства энергии (п.3).

Это логическое разделение имеет ключевое значение для создания иерархической схемы и дальнейшей оптимизации системы, поскольку оно позволяет сконцентрировать усилия по улучшению каждой подсистемы для повышения эффективности производственного процесса.

Подойдем с позиций системного подхода к формированию требований MES и SCADA систем.

MES- и SCADA-системы в наиболее общем случае следует рассматривать как составные элементы более общих систем, определяемой как системы промышленной автоматизации и управления. Это предполагает необходимость применения системного подхода к анализу требований и проектированию подобных подсистем.

Системный подход основывается на общей теории систем. Ее основателем принято считать Л. фон Берталанфи, который впервые высказался об идее существования общих закономерностей в 1937 г. на семинаре по философии в Чикагском университете.

Системный подход – методология рассмотрения комплексных объектов, позволяющая более качественно оценить их сущность и особенности, а также найти наиболее эффективные способы управления ими.

Основные принципы системного подхода:

- Целостность (система – единое целое).
- Структуризация (наличие структуры взаимосвязанных элементов).
- Иерархичность (подчинение в структуре).
- Множественность (для анализа могут быть использованы различные модели).

Базовые принципы системного подхода в реализованной технологии/технологической платформе:

Системный подход предполагает комплексное изучение объекта управления как единого целого с позиций системного анализа, т. е. уточнение сложной проблемы и ее структуризация в серию задач.

Ключевыми (базовыми) принципами системного подхода, разработанными авторами применительно к формированию стратегии оптимизации процессов управления структурно сложными объектами, процессами, явлениями, развитыми для управления энергоемкими предприятиями:

- **Целостность** всей системы управления с позиции общности взаимодействующих процессов спроса на необходимый объем потребляемой энергии, и запрошенный объем ее генерации.
- **Структуризация/детализация** процессов спроса и предложения необходимых объемов энергии на основе детализации инфраструктуры в иерархии взаимодействующих процессов спроса и предложений на энергогенерацию.
- **Иерархичность** в формировании критерия эффективности инфраструктуры производственного комплекса как объекта управления по общему векторному критерию многоцелевой многокритериальной оптимизации.
- **Множественность** задач и учитываемых факторов влияния в общей стратегии многоцелевой оптимизации процессов управления сбалансированным энергообеспечением.

Реализация системного подхода в кибер-физической технологической платформе интеллектуальной оптимизации и автоматизации производственных процессов.

Общие принципы и концепция системного подхода реализованы в разработанной авторами модели кибер-физической технологической платформы, ориентированной на задачи оптимизации процессов управления структурно-сложными производствами. В частности, как одно из направлений использования рассматривается применение данной платформы для задач оптимизации процессов управления энергоемкими производствами и производственными комплексами.

При реализации MES-систем для управления на примере энергообеспечения энергоемких предприятий одним из перспективных ключевых принципов повышения эффективности процесса управления производством является принцип сбалансированности между спросом и предложением на потребляемую тепловую энергию, обеспечивающий как минимизацию прямых потерь от ее перепроизводства, так и от ее недополучения, приводящего к неэффективной работе, а в ряде случаев – и полной остановки производства. Особенно важным данный принцип является для энергоемкого производства предприятий горнодобывающей и горноперерабатывающей отраслей, в которых доля финансовых затрат на энергоснабжение может достигать 40-60%. Под оптимальной сбалансированностью спроса и предложения на потребляемую тепловую энергию в данном случае понимается установление и поддержание оптимального равновесия между спросом – расчетно-обоснованной оценкой потребности на необходимый объем потребляемой тепловой энергии со стороны производственных участков (потребителей) и предложением – заказанным объемом генерации и отпуска такой энергии стороны энергогенерирующих подразделений тепловой электростанции. Принцип сбалансированности в этом случае предполагает достижение оптимального равновесия (баланса) между обоснованной расчетно-экспериментальной оценкой спроса на требуемый (потребляемый) продукт – тепловую энергию, и его рациональным потреблением с целью минимизации финансовых и иных производственных потерь на заказанную тепловую энергию.

Авторами сформулирована [174] и впоследствии развита [175] стратегия управления энергоемкими предприятиями как задача многоцелевой – многокритериальной оптимизации баланса между спросом на необходимый объем тепловой энергии (ТЭ) и оптимальным объемом ее генерации со стороны ТЭЦ исходя из оптимизации выделенных ресурсов управления работой ТЭЦ. С этой целью

определен вектор целевых показателей $Q_{потр}$ и критериев эффективности сбалансированной генерацией ТЭ как задача определения таких параметров управления $u_1, u_2, \dots, u_n \in U$ из множества допустимых параметров $U \in \Re^N$ управления, которые обеспечат минимум ошибки их рассогласования по всему множеству выделенных ресурсов управления:

$$\boldsymbol{U}_{opt} \coloneqq \min_{U \in \Re^N} J(\|\boldsymbol{Q}_{\text{потр}} - \boldsymbol{Q}_{\text{генер}}\|),$$

где:

$\boldsymbol{Q}_{\text{потр}} = f(u_1^{\text{потр}}, \dots, u_m^{\text{потр}})$ – объем потребления на заданный период ТН,

$\boldsymbol{Q}_{\text{генер}} = f(u_1^{\text{генер}}, \dots, u_p^{\text{генер}})$ – объем требуемой генерируемой мощности на заданный период.

В дополнение к общим основным требованиям к MES-системам в составе КФС в зависимости от характера, масштаба и особенностей производственных структур и самих систем, целесообразно сформулировать условия к комбинации сочетаний корпоративных MES – систем в общей структуре информационных систем управления предприятием.

К таким специфическим требованиям для MES – систем можно добавить рассмотрение функционала с у MES-систем четом требований таких подсистем как:

Требования к RAS (Resource Allocation and Status) системам контроля состояния и распределение ресурсов. Управление ресурсами: технологическим оборудованием, материалами, персоналом, обучением персонала, а также другими объектами, такими как документы, которые должны быть в наличии для начала производственной деятельности. Обеспечивает детальную историю ресурсов и гарантирует, что оборудование соответствующим образом подготовлено для работы. Контролирует состояние ресурсов в реальном времени. Управление ресурсами включает резервирование и диспетчеризацию, с целью достижения целей оперативного планирования.

Требования к DPU (англ. Dispatching Production Units) – системам диспетчеризации производства. Подобные системы решают задачи управления потоком единиц продукции в виде заданий, заказов, серий, партий и заказ-нарядов. Диспетчерская информация представляется в той последовательности, в которой работа должна быть выполнена, и изменяется в реальном времени по мере возникновения событий на цеховом уровне. Это дает возможность изменения заданного календарного плана на уровне производственных цехов. Включает функции устранение брака и переработки отходов, наряду с возможностью контроля трудозатрат в каждой точке процесса с буферизацией данных.

Требования к DCA (Data Collection/Acquisition) системам – сбора и хранения данных. Взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия. Функция обеспечивает интерфейс для получения данных и параметров технологических операций, которые используются в формах и документах, прикрепляемых к единице продукции. Данные могут быть получены с цехового уровня как вручную, так и автоматически от оборудования, в требуемом масштабе времени.

Требования к LM (Labor Management) – системам управление персоналом. Обеспечивает получение информации о состоянии персонала и управление им в требуемом масштабе времени.

Включает отчетность по присутствию и рабочему времени, отслеживание сертификации, возможность отслеживания непроизводственной деятельности, такой, как подготовка материалов или инструментальные работы, в качестве основы для учета затрат по видам деятельности (activity based costing, ABC). Возможно взаимодействие с функцией распределения ресурсов, для формирования оптимальных заданий.

Требования к QM (Quality Management) системам управление качеством. Обеспечивает анализ в реальном времени измеряемых показателей, полученных от производства, для гарантированно правильного управления качеством продукции и определения проблем, требующих вмешательства обслуживающего персонала. Данная функция формирует рекомендации по устранению проблем, определяет причины брака путем анализа взаимосвязи симптомов, действий персонала и результатов этих действий. Может также отслеживать выполнение процедур статистического управления процессом и статистического управления качеством продукции (SPC/SQC), а также управлять выполнением лабораторных исследований параметров продукции. Для этого в состав MES добавляются лабораторные информационно-управляющие системы (LIMS).

Требования к PM (Process Management) системам управление производственными процессами. Отслеживает производственный процесс и либо корректирует автоматически, либо обеспечивает поддержку принятия решений оператором для выполнения корректирующих действий и усовершенствования производственной деятельности. Эта деятельность может быть, как внутри операционной и направленной исключительно на отслеживаемые и управляемые машины и оборудование, так и межоперационной, отслеживающей ход процесса от одной операции к другой. Она может включать управление тревогами для обеспечения гарантированного уведомления персонала об изменениях в процессе, выходящих за приемлемые пределы устойчивости. Она обеспечивает взаимодействие между интеллектуальным оборудованием и MES, возможное благодаря функции сбора и хранения данных.

Требования к PTG (Product Tracking and Genealogy) как системе отслеживания и генеалогия продукции. Обеспечивает возможность получения информации о состоянии и местоположении заказа в каждый момент времени. Информация о состоянии может включать данные о том, кто выполняет задачу, компонентах, материалах и их поставщиках, номере лота, серийном номере, текущих условиях производства, а также любые тревоги, данные о повторной обработке и другие события, относящиеся к продукту. Функция отслеживания в реальном времени создает также архивную запись. Эта запись обеспечивает отслеживаемость компонентов и их использование в каждом конечном продукте.

Требования к PA (англ. Performance Analysis) системам анализа производительности. Обеспечивает формирование отчетов о фактических результатах производственной деятельности, сравнение их с историческими данными и ожидаемым коммерческим результатом. Результаты производственной деятельности включают такие показатели, как коэффициент использования ресурсов, доступность ресурсов, время цикла для единицы продукции, соответствие плану и соответствие стандартам функционирования. Может включать статистический контроль качества процессов и продукции (SPC/SQC). Систематизирует информацию, полученную от разных функций, измеряющих производственные параметры. Эти результаты могут быть подготовленные в форме отчета или представлены в реальном времени в виде текущей оценки эксплуатационных показателей.

Согласование требований к MES в составе КФС должно также быть дополнено требованиями к моделям и стандартам управления производством и производственной деятельностью, сформировавшиеся за последние десятилетия:

- С требованиями стандарта ISA-95 – «Интеграция систем управления предприятием и технологическим процессом» («Enterprise-Control System Integration»), который определяет единый интерфейс взаимодействия уровней управления производством и компанией и рабочие процессы производственной деятельности отдельного предприятия.
- С требованиями стандарта ISA-88, «Управление периодическим производством» («Batch Control»), который определяет технологии управления периодическим производством, иерархию рецептур, производственные данные.
- С требованиями сообщества Открытых Приложений (Open Applications Group, OAG) – некоммерческим промышленным сообществом, имеющем своей целью продвиже ние концепции функциональной совместимости между бизнес-приложениями и разработку стандартов бизнес-языков для достижения указанной цели.
- С требованиями к моделям процессов цепочки поставок (Supply-Chain Operations Reference, SCOR) – как референтной модели управления процессами цепочки поставок, связывающей деятельность поставщика и заказчика. Модель SCOR описывает бизнес-процессы для всех фаз выполнения требований заказчика. Раздел SCOR «Изготовление» («Make») посвящен, в основном, производству.

В дополнение к перечисленным требованиям функции, относящиеся к составлению производственных расписаний (ODS), управлению ТО и ремонтами (MM), а также цеховому документообороту (DOC) – функции, востребованные в дискретных производствах, целесообразно учитывать также требования к базовой модели MESA-систем применительно к процессным производствам:

ODS (англ. Operations/Detail Scheduling) – оперативное детальное планирование. Обеспечивает упорядочение производственных заданий, основанное на очередности, атрибутах, характеристиках и рецептах, связанных со спецификой изделий таких как: форма, цвет, последовательность операций и др. и технологией производства. Цель – составить производственное расписание с минимальными перенастройками оборудования и параллельной работой производственных мощностей для уменьшения времени получения готового продукта и времени простоя.

MM (англ. Maintenance Management) – управление техобслуживанием и ремонтом. Отслеживает и управляет обслуживанием оборудования и инструментов. Обеспечивает их работоспособность. Обеспечивает планирование периодического и предупредительного ремонтов, ремонта по состоянию. Накапливает и хранит историю произошедших событий (отказы, уменьшение производительности и др.) для использования в диагностировании возникших и предупреждения возможных проблем.

DOC (англ. Document Control) – управление документами. Контролирует содержание и прохождение документов, которые должны сопровождать выпускаемое изделие, включая инструкции и нормативы работ, способы выполнения, чертежи, процедуры стандартных операций, программы обработки деталей, записи партий продукции, сообщения о технических изменениях, передачу

информации от смены к смене, а также обеспечивает возможность вести плановую и отчетную цеховую документацию. Также включает инструкции по безопасности, контроль защиты окружающей среды, государственные и необходимые международные стандарты. Хранит историю прохождения и изменения документов.

С 1994 по 2004 год появились информационные системы, реализующие исключенные функциональные возможности:

- Advanced Planning & Scheduling (APS) – решают задачи составления производственных расписаний в рамках всего предприятия.
- Enterprise Asset Management (EAM) – отвечает за управление техническим обслуживанием и ремонтами.

Разработка модели Collaborative Manufacturing Execution System (c-MES) была вызвана тем фактом, что при управлении процессными производствами и цепочками поставок надежный обмен информацией между несколькими системами необходим гораздо чаще, чем обмен между несколькими уровнями одной системы. В предыдущем поколении MES основное внимание уделялось обеспечению информацией пользователей из числа оперативного персонала, таких как диспетчеры, операторы или менеджеры. Для совместного использования информации с другими была разработана модель c-MES. Она дает возможность получить полную картину происходящего, необходимую для принятия решений. В частности, при управлении цепочками поставок и принятии решений c-MES предоставляет информацию о возможностях производства («что»), производительности («сколько»), расписании («когда») и качестве («доступный уровень»).

Функции:

- RAS (англ. Resource Allocation and Status) – контроль состояния и распределение ресурсов.
- DPU (англ. Dispatching Production Units) – диспетчеризация производства (координация изготовления продукции).
- DCA (англ. Data Collection/Acquisition) – сбор и хранение данных.
- LUM (англ. Labor/User Management) – управление людскими ресурсами.
- QM (англ. Quality Management) – управление качеством.
- PM (англ. Process Management) – управление процессами производства.
- PTG (англ. Product Tracking & Genealogy) – отслеживание и генеалогия продукции.
- PA (англ. Performance Analysis) – анализ эффективности.

Разработка модели Collaborative Manufacturing Execution System (c-MES) была вызвана тем фактом, что при управлении процессными производствами и цепочками поставок надежный обмен информацией между несколькими системами необходим гораздо чаще, чем обмен между несколькими уровнями одной системы. В предыдущем поколении MES основное внимание уделялось обеспечению информацией пользователей из числа оперативного персонала, таких как диспетчеры, операторы или менеджеры. Для совместного использования информации с другими была

разработана модель c-MES. Она дает возможность получить полную картину происходящего, необходимую для принятия решений. В частности, при управлении цепочками поставок и принятии решений c-MES предоставляет информацию о возможностях производства («что»), производительности («сколько»), расписании («когда») и качестве («доступный уровень»).

Функции:

- RAS (Resource Allocation and Status) – контроль состояния и распределение ресурсов.
- DPU (Dispatching Production Units) – диспетчеризация производства (координация изготовления продукции).
- DCA (Data Collection/Acquisition) – сбор и хранение данных.
- LUM (Labor/User Management) – управление людскими ресурсами.
- QM (Quality Management) – управление качеством.
- PM (Process Management) – управление процессами производства.
- PTG (Product Tracking & Genealogy) – отслеживание и генеалогия продукции.
- PA (Performance Analysis) – анализ эффективности.

8.1. Анализ подсистемы предиктивной аналитики

Наиболее сложным для предприятий является внедрение систем расширенной аналитики (прогнозная аналитика, интеллектуальный анализ данных). При этом именно аналитика и искусственный интеллект могут позволить современному, уже давно идущему по пути цифровизации бизнеса предприятию достичь значительного роста эффективности, выйти на качественно другой уровень деятельности [174]. ИТ-решение прогнозирования создается для использования на операционном и тактическом уровнях пирамиды управления (Рисунок 7). Это означает, что решение рассматриваемых вопросов соответствует задачам, которые традиционно решают SCADA- и MES-системы, соответственно.

Рисунок 7. Место прогнозной аналитики в пирамиде управления

Источник: Материалы международной научно-практической конференции Министерство образования и науки РФ, Москва, 25 сентября – 29 мая 2015 года [176]

Предиктивная аналитика включает в себя множество статистических методов из областей прогнозного моделирования, машинного обучения и интеллектуального анализа данных, такие методы как классификация, регрессионный анализ, временные ряды и нейронные сети.

Предиктивная аналитика позволяет выявить скрытые закономерности в больших объемах данных, построить прогнозную модель эффективности работы системы и осуществлять мониторинг изучаемого процесса.

Сегодня организации в своем распоряжении имеют больше данных, чем когда бы то ни было. Это связано со всеохватывающей автоматизацией бизнеса и его цифровизацией. Если раньше все предприятия стремились к экономии издержек путем бережливости и использования аутсорсинга, то сейчас достижение повышения производительности все больше осуществляется за счет аналитики имеющихся данных (об активах, бизнес-процессах, и др.). Основными предпосылками к использованию технологий больших данных являются:

- Снижение стоимости хранения и обработки данных.
- Совершенствование инструментов аналитики.
- Рост количества неструктурированных данных.

Крупные компании несут существенные потери (финансовые, деловой репутации) от остановки производства, вызванного техническими проблемами с оборудованием. Особенно это заметно в компаниях нефтегазового и металлургического сектора, где оборудование эксплуатируется, как правило, в экстремальных условиях. Кроме того, ущерб, который может быть нанесен окружающей среде, в случае аварий на предприятиях данной отрасли крайне существенен (вплоть до техногенной катастрофы). Именно поэтому у руководства таких компаний растет интерес к решению проблем, связанным с техническим обслуживанием и ремонтом оборудования (ТОиРО). Специалисты инженерных служб все чаще интересуются вопросом: как можно использовать накопленный

огромный массив данных для создания математических моделей жизненного цикла оборудования с целью прогнозирования его отказов и своевременного планирования и проведения ремонтно-профилактических работ.

Одной из самых перспективных для внедрения решений на основе машинного обучения представляется нефтегазовая отрасль. В ней есть множество нелинейных, повторяемых, сложных процессов, которые содержат много флуктуаций и неизвестных факторов. Данные процессы присущи в бурении скважин, добыче или последующей переработке, например, газофракционировании, атмосферно-вакуумной перегонке нефти, каталитическом крекинге или другом процессе – ИТ-технологии позволят повысить эффективность самого процесса и управления им по сравнению с существующими системами управления и традиционного моделирования.

Машинное обучение в целом и прогнозная аналитика в частности позволит повысить качество эксплуатационных данных (ЭД), получаемых из скважин, а также выявлять новые закономерности. Применение таких методов позволит [177]:

- Сократить время оперативного анализа ЭД почти в 2 раза.
- Оперативно учитывать найденные новые закономерности при дальнейшей разработке месторождений.
- Подобрать оптимальные методы разработки для увеличения добычи нефти.
- Сократить затраты на получение ЭД и выявление закономерностей.

Качество эксплуатационных данных не всегда позволяет провести полноценный анализ по следующим причинам:

- Возможное отсутствие информация для определенных временных интервалов.
- Некоторые измерения не всегда соответствуют физической модели, или не согласуются друг с другом.
- Поступающие данные, вызванные сбоем в работе замерного оборудования или человеческим фактором, некорректны.

Специалисты компании не всегда могут определить ошибку, на ее поиск может быть затрачено большое количество времени, а обработка некорректной информации повлечет за собой неверные выводы о текущем состоянии скважин и месторождения в целом, вследствие чего могут быть приняты неверные управленческие и инженерные решения по проведению геолого-технических мероприятий [178].

Таким образом, необходимо обеспечить корректную информацию ЭД, именно на основе ЭД, поступающих из скважин, принимаются управленческие решения о применении различных методов увеличения добычи нефти и газа, обеспечивая тем самым надлежащий риск-менеджмент компании. В рамках проекта уже проведена следующая работа:

- Сформированы алгоритмы поиска некорректных значений и восстановления пропущенных данных.

- Сформированы алгоритмы определения процессов взаимовлияния скважин друг на друга.
- Определена классификация скважин по степени отклонений текущей продуктивности от возможной для скважин, находящихся в схожих геологических условиях.

Кроме того, имеющиеся технические, технологические и финансовые возможности позволили использовать прогнозирование, в том числе и прочих сферах деятельности (не связанные с управлением активами). Так, в рамках пилотного проекта была построена модель, предсказывающая, будет ли конкретный подрядчик использовать возможность отсрочить платеж, исходя из финансовой и корпоративной истории этого подрядчика.

Модель описывает взаимосвязь между корпоративной и транзакционной историей подрядчика и возможностью просроченных платежей на горизонте в течение 1, 3 и 6 месяцев в будущем.

Условия эксплуатации электромеханических систем в прокатном производстве характеризуются нестабильностью, что связано с рядом факторов:

- Широкий сортамент выпускаемой продукции.
- Значительные перепады температур, влияющие на ток нагрузки.
- Интенсивные нагрузки на оборудование.
- Влияние предыдущих дефектов.
- Влияние человеческого фактора.

Из-за постоянных колебаний цен на рынке металлов, общей тенденции падения цен на сырье, продукцию добывающих отраслей, металлообработки, необходимости снижения издержек производства для сохранения конкурентоспособности перед металлургической отраслью стоит задача поиска новых источников оптимизации [179]. Металлургическая отрасль – отрасль с высоким уровнем постоянных затрат. Несмотря на недостаточно эффективное использование имеющихся активов компании не всегда готовы к новым капитальным вложениям. Технологии искусственного интеллекта позволяют сбалансировать потребности производства и ограничения менеджмента, выдавая соизмеримые результаты при быстрой окупаемости.

Металлургические компании являются перспективной площадкой для внедрения новых технологий, они находятся в выигрышной позиции, поскольку располагают стабильными отлаженными процессами и сложным дорогостоящим оборудованием. Машинное обучение может применяться на всех этапах производства: от управления доменной печью и оптимизации расхода ферросплавов до обеспечения стабильного качества готовой продукции.

В области металлургии можно выделить несколько реализующихся инициатив предиктивной аналитики.

Первая инициатива возникла на основе требований стандартов качества, который определяет определенный химический состав готовой стали, который должен включать в себя соответствующие включения определенных веществ. На кислородно-конвертерном этапе производства в сталь добавляются ферросплавы, содержащие марганец, кремний и другие элементы. Необходимые

химические вещества обладают достаточно высокой стоимостью, поэтому основная задача производства должна сводиться к минимизации расхода ферросплавов. При этом должны сохраняться требования спецификации для стали заданной марки. Управление процессом плавки стали не позволяет учесть все флуктуации и неизвестные параметры процессов, поэтому решение об объеме добавляемых ферросплавов принимается оператором, как правило, на основе опыта. Определенно, все требования к составу готовой стали соблюдаются, но при этом расход ферросплавов может быть избыточен – уровень содержания необходимых элементов оказывается не оптимальным, примерно в середине допустимого интервала.

Вторая инициатива связана с анализом работы доменных печей, которые используются при производстве стали. Доменные печи, которые по сути являются мощными реакторами, в которых одновременно происходят физические и химические процессы. Существует ряд научных математических и термодинамических подходов к моделированию процессов, происходящих внутри печи. Однако, все они недостаточно точны, так как основаны на теоретических расчетах процессов и опытно-экспериментальных знаниях. Прямое измерение параметров процесса также сильно затруднено, поскольку печь функционирует при очень высокой температуре и давлении.

В результате доменный процесс не может обеспечить абсолютную точность процессов теплообмена и качества продукции, которые управляются по косвенным измерениям, учитывая случайные функции времени. В то же время доменный процесс играет основную роль в производстве стали и структуре издержек производства. Металлургические компании заинтересованы в том, чтобы процесс плавки был максимально эффективен с минимальными расходами топлива.

Третья инициатива связана с самыми различными процессами в металлургии, которые могут быть оптимизированы с внедрением машинного обучения и искусственного интеллекта. Они могут быть внедрены не только в процесс производства конечных продуктов, но также на стадии добычи металлов, производстве ферросплавов и в других областях черной и цветной металлургии.

Рассмотрим некоторые примеры.

Сокращение расхода сырья. Искусственный интеллект может применяться аналогично оптимизации расхода ферросплавов, например, для сокращения производства шлаков путем расхода шлакообразующих материалов. На этапе добычи автоматизированные решения помогут сократить расход реагентов при обогащении руды.

Оптимизация процессов. При использовании электродуговых сталеплавильных печей машинное обучение может сократить расход электроэнергии. Это будет происходить за счет своевременного управления параметрами производства. При решении задачи по предсказанию качества продукции можно не только оптимизировать маршруты производства, но и запрограммировать параметры обработки, чтобы избежать возникновения дефектов.

Улучшение измерений. При заинтересованности предприятия можно создать виртуальные анализаторы, которые бы оценивали, например, содержания углерода в стали в ходе кислородноконвертерного процесса. Технологии компьютерного зрения могут повысить точность управления процессом, а также применяться для оценки состава лома.

Для эффективного обеспечения основного процесса, бесперебойной работы всего предприятия, автоматизация управления основными фондами (активами) по следующим направлениям является необходимостью:

- Учет и анализ данных по следующим причинам:
  - Большой список основных средств.
  - Синхронизация данных складского и бухгалтерского учета.
  - Связь с основным производством – необходимость принятия быстрых, оперативных решений, использование только самой актуальной, достоверной информации.
- Планирование:
  - Повышение обоснования стоимости оценки ТОиРО.
  - Повышение эффективности работы склада.
  - Минимизация потерь, связанных с вмешательством службы в основной процесс.
- Сбор данных и диагностика оборудования:
  - Сокращение капитальных затрат больше роста операционных затрат.
  - Сбор данных со счетчиков позволит уменьшить количество низкоквалифицированного персонала, освободить работников от второстепенных обязанностей.

При проведении планово-профилактического ремонта возможны следующие сценарии.

Вариант 1: срок планового осмотра не настал, но оборудование вышло из строя, что требует незапланированных затрат на дорогой ремонт или на замену оборудования.

Вариант 2: срок планового ремонта наступил, но оборудование не требует ремонта. Наступают неоправданные затраты на обслуживание и простои производства.

Для автоматизации данного процесса необходимо установление специальных датчиков на оборудование, которое обеспечит передачу данных о техническом состоянии оборудования в информационную систему и на мобильное устройство оператора для обеспечения контроля в реальном времени.

Непосредственно установка, обслуживание и ремонт объектов будет проводиться работниками отдела вручную. Автоматизация ведется не для уменьшения объема работ, а для повышения их эффективности. Все полученные данные являются основой для проведения прогнозов.

Преимущества применения машинного обучения и Data Science:

- Разрабатываемые инструменты позволят повысить скорость, эффективность обработки и анализа больших объемов информации, поступающих с месторождения.

- Возможность интегрировать разнообразные данные, анализ каждого байта имеющейся информации приведет к появлению новых выводов, способных вывести качество данных на новый уровень.
- Возможность обработки огромных массивов данных (Big Data), выявление новых закономерностей, необходимых для построения прогнозов (МО и интегрированные физические модели), а также доопределение отсутствующих значений.
- Принятие риск-ориентированных капиталоемких решений по разработке, со снижением рисков принятия неверных решений, вызванных человеческим фактором.
- Уменьшение времени простоя скважин, применяя «интеллектуального помощника», который контролирует процессы 24 часа в сутки, моментально считывает информацию, отправляет сигнал оператору или в соответствующую машинную систему управления и практически не ошибается.

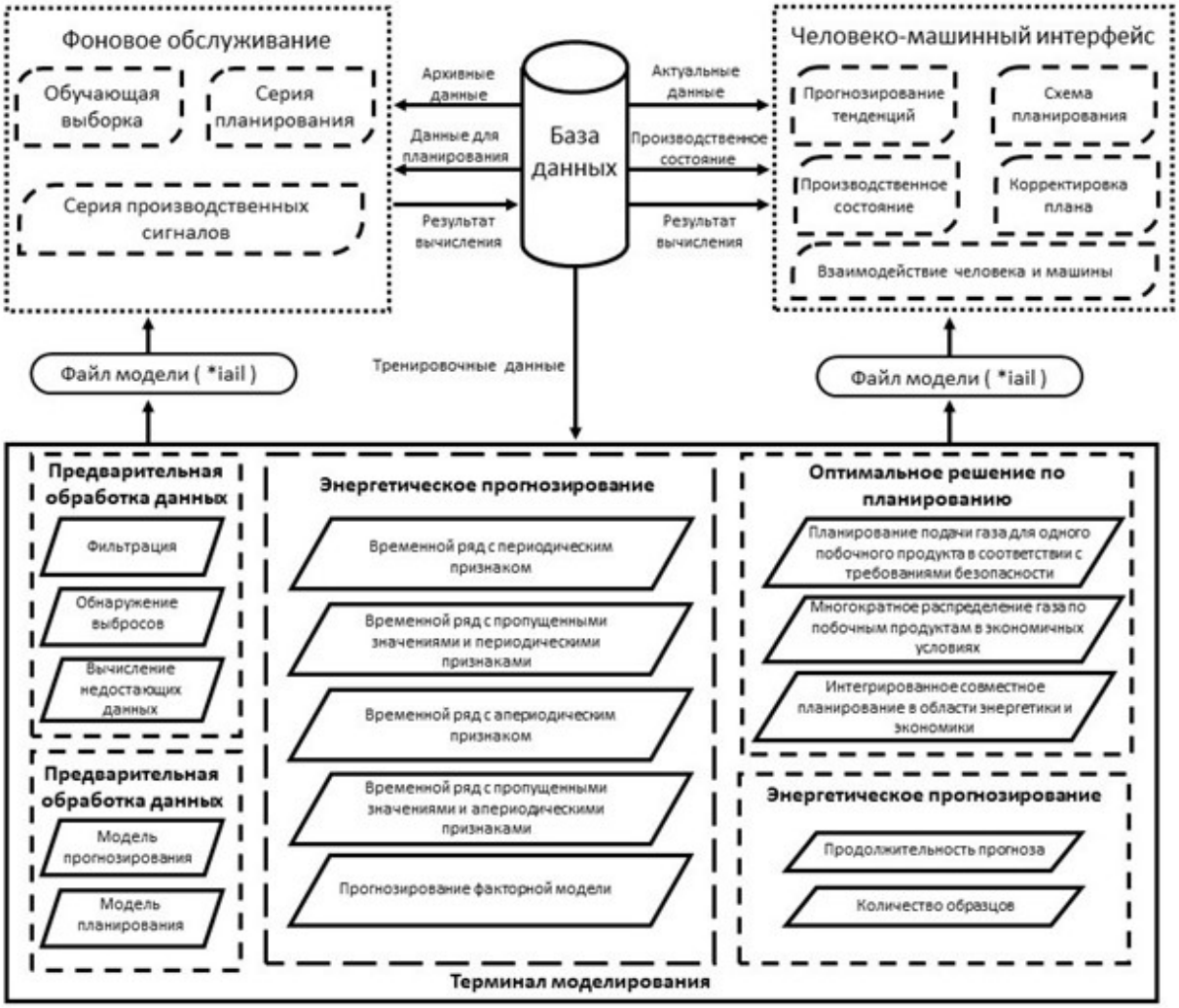
Рассмотрим несколько конкретных решений (как программных, так и аппаратных) по алгоритмизации прогнозирования.

Патент [175] был подан в Китае (2021 г.) и США (2022 г.). Платформа автоматически генерирует интеллектуальные модели и алгоритмы для прогнозирования производства, потребления и хранения энергии, а также оптимально распределяет ресурсы для достижения максимальной эффективности.

Платформа разделена на три части (Рисунок 8):

- Modeling terminal: Этот модуль позволяет пользователю создавать модели прогнозирования и планирования. Создание моделей упрощено благодаря функции перетаскивания (drag-and-drop).
- Background service: Фоновый сервис состоит из облачного сервиса и периферийного сервиса для сбора данных в реальном времени из каждой энергетической системы, выполнения прогнозов и поиска оптимального планирования. Результаты обновляются каждые три минуты.
- Human-Computer Interface: Интерфейс человек-машина отображает результаты, рассчитанные моделями.

Рисунок 8. Архитектура системы



Источник: Zhao J., Jin F., Chen L., Zhou F., HAN Z., Liu Y., Wang W. Distributed industrial energy operation optimization platform automatically constructing intelligent models and algorithms [175]

Патент [180] был выдан в США (2015), Китае, Германии, Великобритании, World Intellectual Property Organization (2016). Этот патент относится к методу прогнозирования и системам прогнозирования энергопотребления здания (например, промышленного здания). Изобретение относится к системе, способам и облачной платформе для прогнозирования энергопотребления.

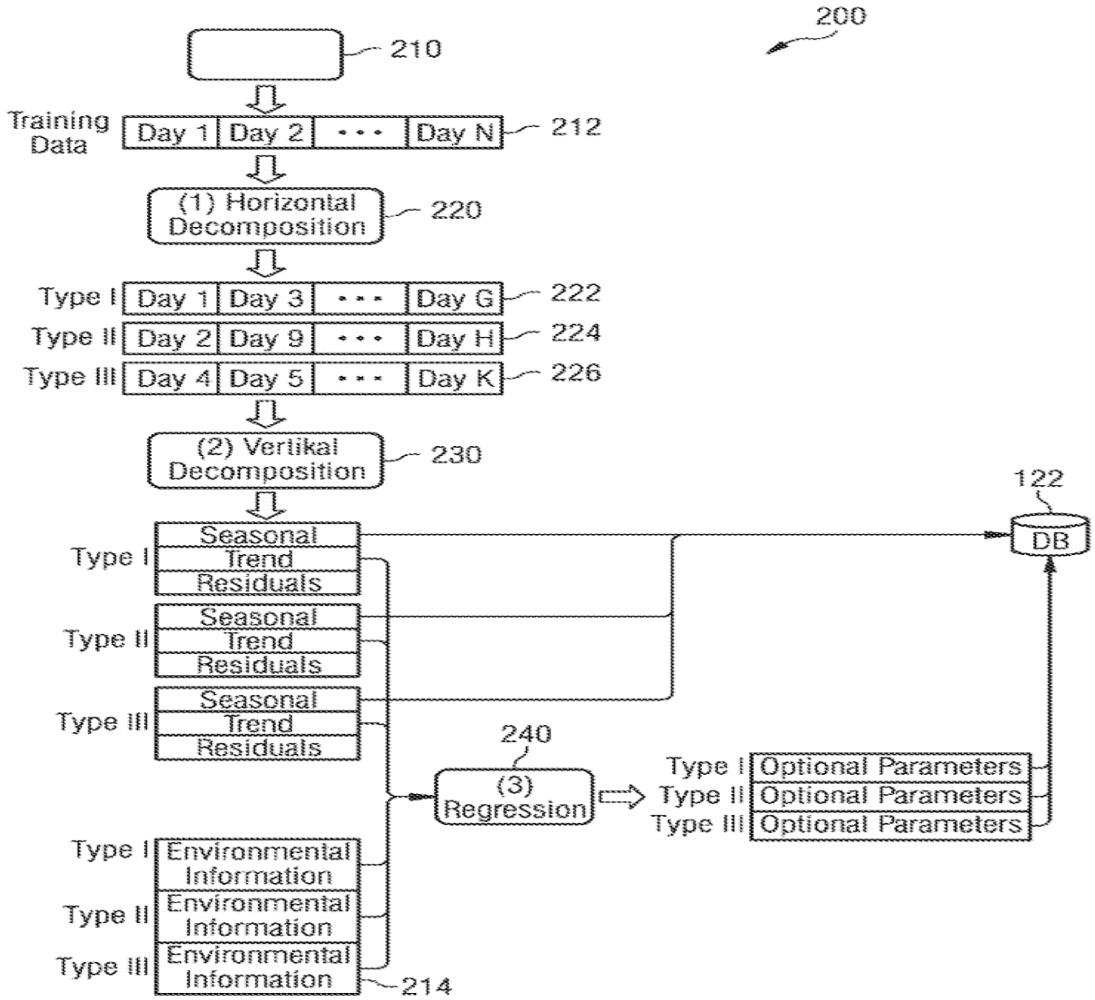
Изобретение включает в себя измерительную систему и методику для предоставления временного ряда данных о потреблении на гранулированном уровне, первое средство декомпозиции, используемое для декомпозиции временного ряда на обучающий набор на основе типов дней, второе средство декомпозиции данных, используемое для декомпозиции каждого обучающего набора на основе трендов и хронологической информации. Система прогнозирования также включает в себя средство регрессии, сконфигурированное для выполнения регрессионного анализа декомпозированных данных о потреблении. И, наконец, система прогнозирования настраивается для оценки прогнозируемого потребления энергии.

В изобретении дополнительно описывается облачная платформа прогнозирования, которая включает в себя измерительную систему с несколькими датчиками. Платформа состоит из различных

модулей, упомянутых ранее: модель сбора данных, первый и второй модуль декомпозиции данных, модуль регрессии, модуль прогнозирования и модуль вывода, сконфигурированный для вывода результатов прогнозируемого потребления энергии в пользовательский интерфейс, систему оповещения или хранилище. Такая конфигурация позволяет осуществлять мониторинг энергопотребления в режиме реального времени, помогая пользователям быстро выявлять тенденции или отклонения в использовании энергии.

Шаги, необходимые для выполнения прогноза представлены на Рисунке 9.

Рисунок 9. Шаги, необходимые для выполнения прогноза



Источник: RIMINI N., ADRIAN D. Method and system for energy consumption prediction [181]

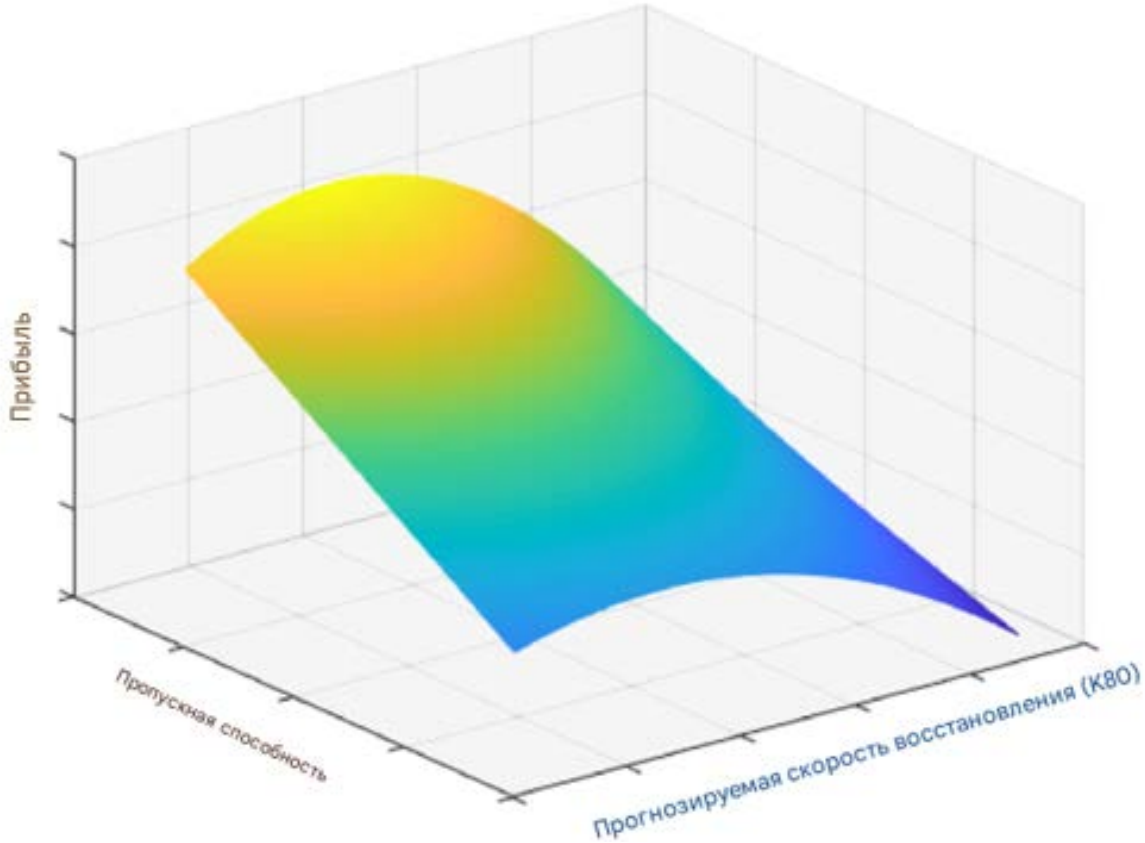
Статья [182] представляет интересный пример использования искусственного интеллекта в горнодобывающей промышленности. Цель этой статьи – оценить, может ли обучение с подкреплением (reinforcement learning) использоваться для управления параметрами контура измельчения на рудном заводе. Стратегия управления на основе обучения с подкреплением сравнивается с традиционной стратегией управления, использующей PID-контроллер, настроенный в течение нескольких лет. Измельчение позволяет уменьшить размер частиц руды, чтобы облегчить отделение ценных минералов от пустой породы. Одно из преимуществ использования обучения с подкреплением заключается в том, что можно задать цель, не указывая при этом, каким образом ее достигать,

и таким образом находить неинтуитивные стратегии управления. В статье рассматриваются два случая для сравнения управления на основе PID и обучения с подкреплением. В первом случае целью является максимизация потока руды без явного учета размера частиц. Во втором случае целью является максимизация прибыли, и поэтому в качестве критериев производительности учитываются как поток руды, так и размер частиц, при этом ищется оптимальный баланс между этими двумя параметрами.

Функция прибыли, реализованная в виде функции вознаграждения представлена на Рисунке 10.

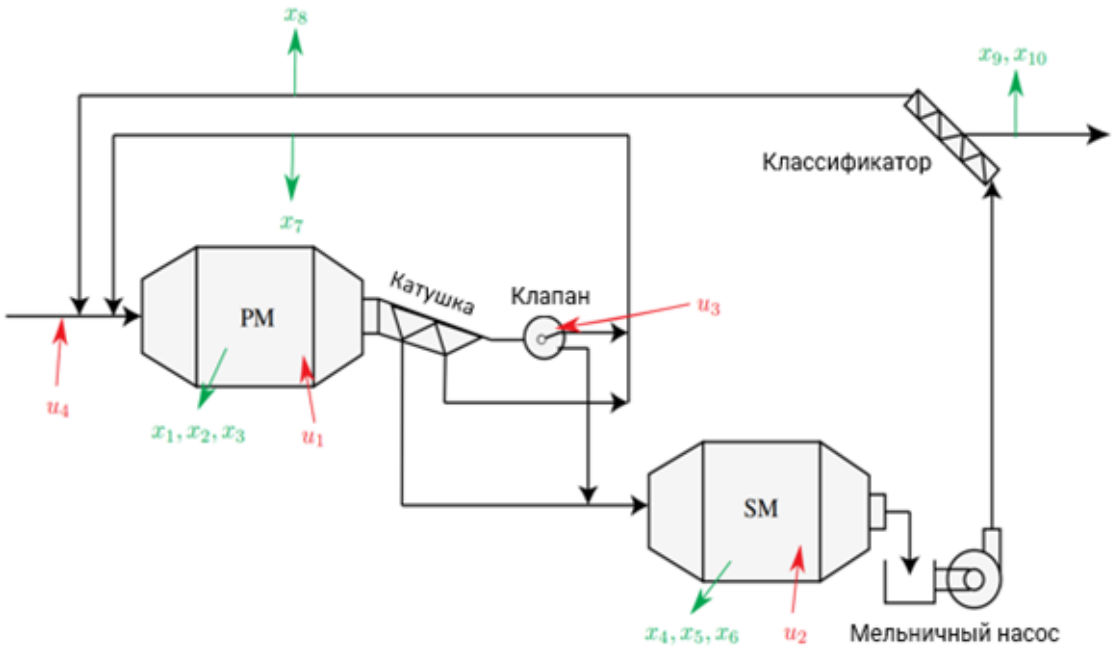
Смоделированный контур измельчения представлен на рисунке 11.

Рисунок 10. Функция прибыли, реализованная в виде функции вознаграждения



Источник: Hallén M., Åstrand M., Sikström J., Servin M. Reinforcement Learning for Grinding Circuit Control in Mineral Processing [182]

Рисунок 11. Смоделированный контур измельчения



Источник: Hallén M., Åstrand M., Sikström J., Servin M. Reinforcement Learning for Grinding Circuit Control in Mineral Processing [182]

Результаты подтверждают, что обучение с подкреплением может использоваться как стратегия управления для определения параметров управления в контуре измельчения руды. Алгоритм способен максимизировать абстрактную цель управления, такую как прибыль. В первом исследуемом случае, направленном на максимизацию потока руды, стратегия на основе обучения с подкреплением достигает 92% от потока, достигнутого при использовании стратегии управления с PID-контроллером. Во втором случае обучение с подкреплением позволяет достичь большей прибыльности по сравнению со стратегией управления с PID-контроллером при определенных эксплуатационных условиях.

Таким образом, для современного промышленного предприятия характерно использование и обработка очень большого количества данных, причем связи между показателями не всегда можно определить явно, а риски от неправильного управленческого решения велики. Именно поэтому прогнозная аналитика на современном промышленном предприятии играет особую все возрастающую роль. Применение предиктивной аналитики позволяет:

- Анализировать и прогнозировать влияние воздействий факторов на параметры продукции, тем самым повысить качество выпускаемой продукции, снизить количество брака.
- Прогнозировать отказы оборудования и перейти от технического обслуживания оборудования по регламенту к обслуживанию по состоянию.
- Прогнозировать производство продукции и потребления энергии и ресурсов.
- Получать оповещения о будущих внештатных ситуациях.

Одним из ключевых положений реализации сформулированной стратегии оптимизации сбалансированного теплоснабжения является объективный оперативный контроль прогнозной оценки $\boldsymbol{Q}_{\text{генер}} = \boldsymbol{Q}_{\text{генер}}(t, u, \varepsilon)$ спроса на ТЭ, зависящей от многих факторов, включая время t, параметры управления u, случайных факторов ε реализуемого технологического процесса. Был проведен сравнительный анализ и разработаны наиболее эффективные когнитивные нейро-сетевые модели прогнозной аналитики предиктивного анализа многомерных временных рядов, включая модели линейной и логистических регрессий, LSTM [183], RNN [184; 185], позволившие добиться удовлетворительной точности и глубины прогноза в потребности ТЭ. Такая сбалансированность между спросом и производством тепловой энергии наиболее эффективно может быть достигнута созданием автоматизированных систем оптимизацией процесса выработки строго необходимого объема генерируемой тепловой энергии, рассчитанной по обоснованным прогнозным моделям оценкам спроса, учитывающим максимально полный перечень факторов влияния на точность и глубину прогнозной оценки требуемого (необходимого) объема тепловой энергии. Проведен анализ и обоснован выбор методики формирования расчетно-экспериментальной оценки прогноза потребляемой тепловой энергии на основе класса нейросетевых прогнозных моделей и принципов когнитивного управления на платформе киберфизических систем [176]. В качестве наиболее перспективных рассмотрен класс нейро-сетевых прогнозных моделей, включая широко применяемые модели LSTM, RNN, регрессионные и др. В Таблице 16 приведены результаты сравнительного анализа применения некоторых из перечисленных нейро-сетевых моделей прогноза, иллюстрирующие точность на глубину суточного прогноза потребления энергии при регулярности проведении 60 замеров на один час.

Таблица 16. Сравнение точности моделей прогнозирования потребления тепловой энергии

Модель	Погрешность
Линейная регрессия	9.6%
Дерево решений	8.9%
Случайный лес	6.3%
RNN	3.3%
LSTM	3.1%

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным НЦМУ «Передовые цифровые технологии»

Развернутая предиктивная аналитика, как математически обоснованная методика анализа прогнозных оценок потребности производства в тепловой энергии, использующая алгоритмы машинного обучения и статистического моделирования для оптимизации управления процессами генерации энергии, позволяет строить максимально объективные и обоснованные оценки потребности в тепловой энергии. Такой правильно обоснованный объективный прогноз позволяет также обеспечить оптимальное управление производством и распределением тепловой энергии между производственными объектами энергосистемы [182]. В свою очередь, это позволяет правильно управлять операционными расходами при генерации тепловой энергии путем регулирования загрузки

генерирующего оборудования, переводя, основные объемы генерации энергии в места и периоды с максимальной эффективностью.

8.2. Анализ подсистемы многокритериальной оптимизации

Рассмотрим задачу многокритериальной оптимизации для практически важной области управления тепловой энергией. Эффективное управление энергией является критическим во многих отраслях, от автомобильных систем до дата-центров. По мере усложнения систем и увеличения энергопотребления развитые стратегии управления становятся необходимыми для снижения энергопотребления и повышения общей эффективности системы. Недавние достижения включают интеграцию искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в сферу оперативного энергоменеджмента, что позволяет при решении задач оптимизации использовать прогнозную аналитику и интеллектуальные механизмы управления. Представленный обзор включает детальный анализ и сравнение инновационных систем и методологий оптимизации в области управления энергией с акцентом как на инновациях в конструкциях, так и на решениях с использованием ИИ, особенно в контексте развития дата-центров.

1. Системы развитого управления для оперативного энергоменеджмента.

1.1. Устройство управления жидкостью и система теплового менеджмента.

Работа [183] представляет устройство управления жидкостью, состоящее из модуля теплообмена и модуля управления жидкостью, расположенных по обе стороны соединительного элемента. Такая компоновка направлена на уменьшение объема модуля управления жидкостью, что потенциально ведет к более компактной и эффективной системе теплового менеджмента. Оптимизируя пространственную конфигурацию, система повышает эффективность теплообмена без необходимости дополнительного пространства. Разделение модулей также может облегчить обслуживание и масштабирование. По сравнению с системами, фокусирующимися на алгоритмах управления, это решение подчеркивает механическую оптимизацию. Оно предоставляет базовое улучшение, которое может быть интегрировано с развитыми стратегиями управления для повышения производительности.

1.2. Устройства термического менеджмента с усиленным испарением.

Работа [184] описывает устройство термического менеджмента, которое использует испарение для рассеивания тепла. Капли жидкости направляются на поверхность рассеивания тепла, и при испарении они поглощают значительное количество тепловой энергии, таким образом охлаждая систему. Используя высокую скрытую теплоту парообразования, этот метод эффективно удаляет тепло от критических компонентов. Способность системы управлять теплом через фазовый переход делает ее подходящей для приложений с высоким тепловым потоком, таких как охлаждение электроники. В то время как предыдущая работа фокусируется на физической компоновке, эта система использует термодинамические свойства для усиления рассеивания тепла. Она представляет собой переход от структурной оптимизации к процессной оптимизации.

1.3. Системы и методы оптимизации управления HVAC в зданиях.

Система в работе [185] использует ИИ для оптимизации работы HVAC в зданиях, прогнозируя потребности в отоплении, охлаждении и вентиляции на основе исторических данных, прогнозов погоды и уровня занятости. Устройство периферийных вычислений собирает данные, а удаленный сервер обрабатывает их для прогнозирования требований и соответствующей настройки операций. Интеграция ИИ позволяет динамически модулировать системы HVAC, приводя к экономии энергии и улучшению комфорта внутри помещений. Обучаясь на шаблонах и прогнозируя будущие потребности, система минимизирует потери энергии и адаптируется к изменяющимся условиям. Этот подход контрастирует с механическими оптимизациями, фокусируясь на интеллектуальном управлении. Он подчеркивает потенциал ИИ в управлении сложными тепловыми средами, предлагая адаптивность и повышение эффективности по сравнению с традиционными методами управления.

1.4. Система для эффективного восстановления тепла.

Система в работе [186] позволяет восстановить тепло от объектов с переменной тепловой нагрузкой с помощью теплового распределителя, который использует фазовый переход жидкость-пар для контроля температуры и равномерного распределения тепла. Используются тепловые трубы с переменной проводимостью и термосифоны для предотвращения перегрева и теплового разбавления. Пассивно регулируя температуру через фазовый переход и неконденсируемые газы, система адаптируется к колеблющимся тепловым нагрузкам без активных механизмов управления. Это делает ее эффективной и надежной для таких применений, как восстановление тепла от выхлопных газов автомобилей. Подобно устройству с усиленным испарением, эта система использует термодинамические принципы для управления теплом. Однако она фокусируется на стабилизации температуры и распределении тепла, расширяя свою применимость к системам с высоко изменчивыми тепловыми выходами.

1.5. Система простого цикла для восстановления тепла отходящих газов.

Работа [187] описывает энергосистему, которая преобразует отходящее тепло в механическую или электрическую энергию, используя рабочую жидкость в цикле Ренкина или Брайтона. Она включает последовательно расположенные расширители, где один приводит в действие нагрузку, а другой питает насос или компрессор, оптимизируя использование перепадов давления для восстановления энергии. Эффективно используя отходящее тепло, эта система повышает общую энергоэффективность и снижает расход топлива. Конфигурация с двумя расширителями позволяет гибко работать при различных условиях нагрузки. Эта система выходит за рамки управления теплом, интегрируя восстановление энергии и ее генерацию. Она дополняет стратегии термического контроля, добавляя экономическое и экологическое измерение к использованию тепла.

2. Оперативный энергоменеджмент на основе ИИ.

2.1. Использование методов ИИ для проектирования баков теплового накопления энергии.

В работе [188] рассматривается применение ИИ, особенно машинного обучения и глубокого обучения, в проектировании баков теплового накопления энергии (TES). Рассматриваются тенденции исследований, ключевые методологии и потенциальные области для будущего изучения. Исследование выявляет растущий интерес к использованию ИИ для оптимизации дизайна баков TES, фокусируясь на таких аспектах, как структурный анализ и выбор материалов. Часто используются такие техники, как генетические алгоритмы, для повышения производительности и эффективности. В отличие от патентов, предлагающих конкретные технологии, этот анализ предоставляет обзор того, как ИИ революционизирует процессы проектирования теплового менеджмента. Он подчеркивает переход к оптимизации на основе данных в тепловых системах.

2.2. Технико-экономическая оптимизация высокотемпературных тепловых насосов.

Статья [189] исследует оптимальную конструкцию высокотемпературных тепловых насосов (HTHP) для восстановления отходящего тепла, подчеркивая экономические последствия в разных рыночных сценариях. Она определяет критические факторы, влияющие на стоимость и производительность, такие как дизайн испарителя и ценообразование на энергию. Комбинируя техническую оптимизацию с экономическими соображениями, исследование предоставляет целостный подход к внедрению HTHP. Оно подчеркивает важность адаптивных подходов, учитывающих переменные цены на энергию и рыночные условия. Эта работа преодолевает разрыв между техническими инновациями и экономической жизнеспособностью, демонстрируя, что эффективные решения по тепловому менеджменту должны быть также экономически эффективными для широкого распространения.

2.3. Тепловой дизайн и оптимизация HTHP, интегрированных с централизованным теплоснабжением.

Исследование [190] оценивает систему каскадных HTHP, интегрированных с сетями централизованного теплоснабжения для производства пара для промышленных процессов. Оно оценивает альтернативные хладагенты с низким потенциалом глобального потепления и оптимизирует производительность системы для эффективности и экономической эффективности. Интеграция с централизованным теплоснабжением демонстрирует устойчивый подход к промышленному теплоснабжению. Использование экологически безопасных хладагентов соответствует глобальным усилиям по снижению выбросов парниковых газов. Исследование показывает, как решения по тепловому менеджменту могут способствовать более широким экологическим целям. Оно сочетает оптимизацию на уровне системы с экологическими соображениями, что актуально для дата-центров, стремящихся получить «зеленые» сертификаты.

2.4. Гибридная оптимизация для интеграции возобновляемых источников энергии в интеллектуальные сети.

Статья [191] представляет гибридный алгоритм оптимизации на основе роя Хэрриса для управления энергопотреблением на стороне спроса. Путем планирования работы приборов и интеграции возобновляемых источников энергии она стремится снизить энергопотребление и затраты в интеллектуальных сетях. Оптимизация снижает пиковый спрос и балансирует нагрузку, повышая стабильность сети. Подход значим для дата-центров, которые являются крупными потребителями энергии и могут извлечь выгоду из стратегий интеллектуального управления энергией. Хотя рассматриваемый метод фокусируется на энергетических системах, техники оптимизации применимы к тепловому менеджменту, они улучшают эффективность систем охлаждения и снижают эксплуатационные затраты благодаря интеллектуальному планированию.

2.5. Гибридные возобновляемые источники энергии и патентный ландшафт.

Обзор [192] исследует точность и методы гибридных систем возобновляемой энергии, поддерживаемый анализом патентов. В нем обсуждаются текущие тенденции, технологические достижения и направления будущих исследований в области гибридных возобновляемых источников. Интеграция нескольких возобновляемых источников повышает надежность и эффективность. Патентный ландшафт указывает на активные инновации и конкурентное поле, подчеркивая возможности для новых технологий теплового менеджмента. Акцент на гибридных системах соответствует движению к объединению различных технологий для оптимальной производительности. Для дата-центров принятие гибридных решений на основе возобновляемых источников энергии может существенно повлиять на их стратегии теплового и энергетического менеджмента.

2.6. Гибридная система генератора и способ работы и управления.

Патент [193] описывает гибридную систему генератора, которая сочетает традиционные газовые двигатели с модулями накопления энергии (ESM). Она поддерживает диапазон уровней мощности и интегрируется с возобновляемыми источниками энергии как в сетевом, так и в изолированном режиме. Гибридная система предлагает гибкость, надежность и повышенную эффективность. Для дата-центров такая система может обеспечить непрерывное электроснабжение, оптимизируя использование энергии и снижая выбросы. Эта технология демонстрирует практическое применение гибридных систем в управлении энергией и тепловыми нагрузками. Она дополняет стратегии управления на основе ИИ, предоставляя адаптируемые аппаратные решения.

2.7. Библиографический анализ и патентная активность PVT-PCM.

Исследование [194] рассматривает производительность и эффективность гибридных фотоэлектрических термических систем, интегрированных с материалами фазового перехода (PVT-PCM). Оно анализирует технологические инновации,

развитие исследований и патентную активность, особенно отмечая ведущую роль Китая. Интеграция PCM усиливает накопление и управление энергией, делая системы PVT более жизнеспособными для непрерывной работы. Уровень готовности технологии указывает на потенциал коммерческого внедрения. Исследование подчеркивает важность сочетания теплового менеджмента с генерацией и накоплением возобновляемой энергии. Для дата-центров такие системы могут предоставить устойчивые решения для энергии и эффективного отвода тепла.

2.8. Интеграция гибридных возобновляемых источников энергии с учетом их экономической целесообразности.

Статья [195] представляет модель нелинейного программирования с целыми и непрерывными переменными для интеграции возобновляемых и накопительных источников энергии в электросеть. Она позволяет оценить экономическую целесообразность возобновляемых источников для минимизации эксплуатационных и инвестиционных затрат. Оптимизируя комбинацию генерации, исследование стремится повысить экономическую эффективность интеграции возобновляемых источников. Такой подход важен для крупных потребителей энергии, таких как дата-центры, чтобы они могли внедрять возобновляемую энергетику без чрезмерных затрат. Экономическая оптимизация является ключевым фактором в реализации современных систем теплового менеджмента. Это исследование предоставляет пример того, как сделать устойчивые энергетические решения финансово жизнеспособными.

2.9. Взаимодополняемость гибридных систем на основе возобновляемых источников энергии.

В отчете [196] обсуждается, как сочетание возобновляемых источников энергии с накоплением энергии может создать гибридные электростанции, предлагающие управляемость и надежность, сопоставимую с традиционными топливными станциями. Для дата-центров, которым требуется стабильное и надежное электроснабжение, такие гибридные системы могут обеспечить непрерывность работы, снижая зависимость от централизованного электроснабжения. Концепция укрепляет тенденцию интеграции возобновляемой энергии с перспективными системами управления для удовлетворения высоких энергетических потребностей эффективно и устойчиво.

8.3. Разработка предложений для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований

Информация, используемая в связанных производственных объектах, создается с помощью различных промышленных автоматизированных систем и программного обеспечения, а именно: системы планирования ресурсов предприятия (ERP), системы управления жизненным циклом продукта (PLM), системы управления производством (MES), системы оперативного диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) и т. д., разработанных несколькими поставщиками с использованием различных интерфейсов и протоколов. Поскольку каждый из этих программных продуктов имеет свои собственные модели данных, информация не может однозначно распределяться между

различными системами. Недостаточная семантическая целостность данных препятствует эффективному взаимодействию и принятию решений между приложениями в ходе производственного процесса. В этой связи актуальна и значима задача создания среды, которая может корректно и однозначно идентифицировать информацию из разных приложений, обеспечивая взаимодействие между ними. Одним из наиболее перспективных направлений является использование онтологий для создания полноценной базы знаний для управления ресурсами предприятия в целом и производства в частности.

Рассмотрим возможности построения и использования онтологий при анализе характеристик MES- и SCADA-систем. В качестве инструментальной системы будем использовать открытую программную среду Protégé [177].

Онтологическое моделирование – это подход, который фиксирует и стандартизирует информацию, а также делает ее явно доступной для совместного или повторного использования для данных и знаний предметной области. Онтология состоит из структуры данных, содержащей классы объектов, их связи и атрибуты [197]. Представление онтологических знаний позволяет обеспечить интеграцию информации из различных информационных систем. И люди, и компьютеры могут однозначно понимать знания предметной области на основе такого представления. Таким образом, разработка формализованного представления знаний является многообещающим решением проблемы совместимости, обсуждавшейся выше. Большая часть исследовательских усилий последних лет была сосредоточена либо на установлении базовой концепции производства, либо на использовании онтологий в прикладных системах. Целостная онтология, представляющая рабочий процесс промышленного производства и интегрирующая оцифрованную информацию из нескольких промышленных систем, на сегодняшний день в производственной сфере не разработана [198].

Для успешного взаимодействия между обучаемыми системами необходимо иметь достаточный уровень интероперабельности. Проблема заключается в том, что одна и та же информация может быть представлена синтаксически по-разному, что создает барьеры между системами. На сегодняшний день сложно найти стандарты электронного обмена данными, которые могли бы решить эту проблему с использованием общего словаря данных (таксономию). В данной работе рассматривается возможность решения данной проблемы с помощью использования базы знаний.

База знаний – вид представления сведений в цифровом виде, содержащий информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой предметной области. В отличие от баз данных база знаний может содержать правила вывода, делающие заключения о фактах [199].

Современные базы знаний работают совместно с системами поиска и извлечения информации. Для этого требуется некоторая модель классификации понятий и определенный формат представления знаний. Для этого применяются разнообразные структуры:

Управляемые словари – используются для систематизации данных с целью последующего поиска. Они встречаются в схемах предметной индексации, предметных рубриках, тезаурусах, таксономиях и других системах классификации информации.

Тезаурусы – группируют термины по определенным признакам, например, на основе сходства (синонимы).

Таксономии – представляют собой категоризированные слова, упорядоченные по иерархическому принципу.

Онтологии – формальное описание знаний в определенной области, учитывающее сложные правила и связи между элементами, что позволяет осуществлять автоматическое извлечение информации.

Датасеты – наборы данных, предназначенные для машинной обработки.

В настоящее время онтологии считаются наиболее эффективным способом формализации и систематизации знаний и данных в научных предметных областях (НПрО), которые представляют собой области науки, охватывающие определенную дисциплину или область знаний во всех аспектах, включая объекты и предметы исследования, методы, научную деятельность и результаты [183].

Онтологии представляют собой формальные определения объектов в рамках определенной предметной области и обладают рядом преимуществ:

- Создание общего словаря терминов в определенной области способствует эффективному обмену информацией и предотвращает недопонимание.
- Онтологии дают ученым возможность лучше разобраться в сложных предметных областях, так как предлагают четко структурированные определения и взаимосвязи между понятиями.
- Повторное использование имеющихся знаний предметной области.
- Возможность увеличивать знание путем автоматического вывода. Аксиомы – это логические выражения на базовом логическом языке, на котором написана онтология. Они связаны с классами и применяются ко всем экземплярам класса, позволяя автоматически расширять знания.
- Согласование разрозненных данных. Обычно организации используют собственные форматы данных, рабочие процессы и терминологию, которые называют информационными системами. Если применять общую онтологию, данные будут легко переноситься, обмениваться и обновляться.

Онтология позволяет представить определенное явление, тему или предметную область путем описания классов, свойств и экземпляров (элементов). Классы являются абстрактными группами, наборами или коллекциями отдельных элементов и представляют концепции онтологии. Эти классы могут иметь иерархическую связь и быть организованы в таксономию суперклассов и подклассов. Свойства представляют собой характеристики отдельных элементов, а также взаимосвязи между ними. И, наконец, экземпляры представляют отдельные элементы классов, описанных в онтологии.

Онтологии могут быть созданы с использованием разных языков онтологий, включая Web Ontology Language (OWL). OWL основывается на ресурсах RDF Framework (RDF) и схеме RDF (RDFS), поэтому словарь для определения онтологий представляет собой комбинацию понятий из RDF, RDFS и OWL. Языки онтологий предоставляют мощные инструменты для выражения знаний в

определенной предметной области и часто включают правила вывода и проверки достоверности для обработки этих знаний.

При создании онтологии прежде всего следует определить ее назначение. Для этого рекомендуется использовать ORSD (документ спецификации требований к онтологии). Это поможет определить предполагаемое использование онтологии, ее конечных пользователей и требования, которым она должна соответствовать. Эти требования послужат ориентиром для создателя при разработке онтологии и могут быть применены для проверки соответствия онтологии изначальной цели поэтапно во время создания онтологии или позднее, после завершения разработки.

В рамках стандарта OWL определены основные типы сущностей, такие как классы (owl:Class) и индивидуальные объекты (owl:NamedIndividual). Аналитик может объединить объекты в группы и присвоить им определенный тип, создавая таким образом класс OWL для представления этого типа в модели.

Основной структурной единицей моделей, созданных согласно стандарту OWL и предыдущих стандартов RDF и RDFS, является триплет. Триплет представляет собой простое высказывание, состоящее из трех компонентов: субъекта, предиката и объекта. Стандарты Semantic Web, включающий OWL, используют универсальные идентификаторы ресурсов (URI) для обозначения объектов. Некоторые из этих идентификаторов определены в рамках самих стандартов. Например, класс обозначается идентификатором http://www.w3.org/2002/07/owl#Class, а индивидуальный объект – идентификатором http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual. Общая часть всех идентификаторов называется префиксом и обозначает часть URI, общую для определенного набора ресурсов. Например, стандарт OWL использует префикс owl как http://www.w3.org/2002/07/owl#. В результате замены полных префиксов на их краткие формы получаются сокращенные обозначения идентификаторов, например, owl:Class.

Создание онтологии – сложный и трудоемкий процесс. Для его упрощения и облегчения были разработаны различные методы и подходы, основными из которых являются:

1. Создание онтологии «с нуля».
2. Сборка онтологии из готовых блоков.
3. Автоматическое создание онтологии.

Первый подход является наиболее сложным и требует участия квалифицированных экспертов в области онтологического инжиниринга. Второй подход менее трудоемкий, потому что основан на использовании готовых базовых онтологий и их частей, адаптируемых под конкретную предметную область. Это позволяет привлекать специалистов из предметной области при создании онтологий. Третий подход наименее трудоемкий, но не гарантирует получение онтологий высокого качества.

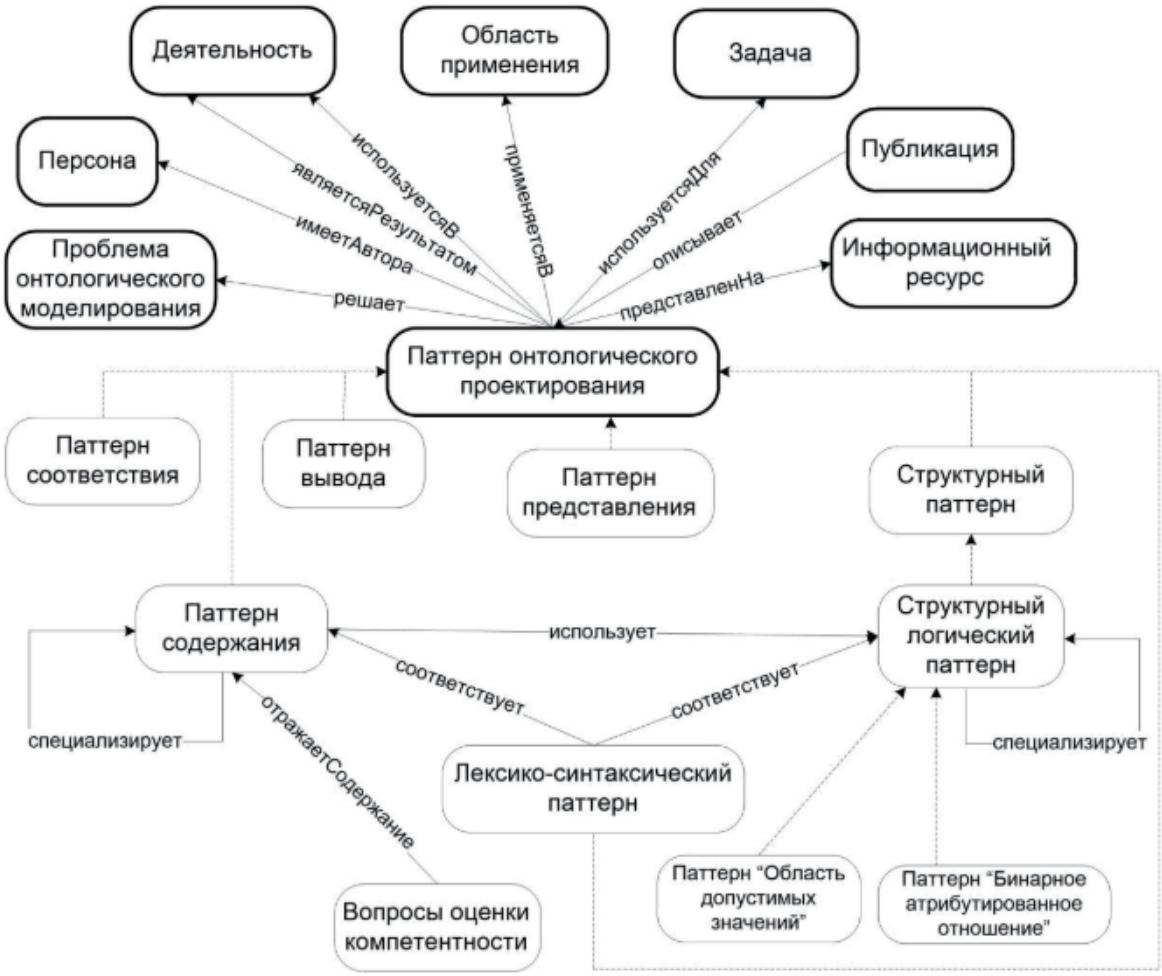
На начальном этапе используются шаблоны онтологического проектирования (ОП), которые представляют собой документально оформленные описания успешных практик решения типичных проблем моделирования онтологий.

Применение шаблонов ОП особенно полезно при разработке онтологий для научно-предметных областей (НПрО). Это обусловлено тем, что в онтологии НПрО обычно содержится множество типовых элементов, которые хорошо описываются шаблонами ОП. Таким образом, к созданию

онтологии НПрО можно привлечь экспертов в соответствующей НПрО, не обладающих навыками онтологического моделирования, что ускоряет процесс создания онтологии НПрО. Для получения онтологии НПрО необходимо обработать большое количество публикаций, связанных с выбранной областью, и извлечь из них дополнительные онтологические сущности, дополняющие созданную на первом этапе онтологию. Для расширения онтологии на основе извлечения информации из текстов на естественном языке разрабатываются различные методы и подходы.

Онтология паттернов ОП содержит систематизацию паттернов ОП, описание их характеристик и связей между ними, методов и областей применения, публикаций, информационных ресурсов и прочего. Онтология паттернов представлена на Рисунке 12. Систематизацию паттернов ОП можно проводить по следующим критериям: типы проблем онтологического моделирования, назначение (типы прикладных задач) и области использования, то есть предметные области (ПрО).

Рисунок 12. Онтология паттернов онтологического проектирования



Источник: Автоматизация разработки онтологий научных предметных областей на основе паттернов онтологического проектирования / Загорулько Юрий Алексеевич, Сидорова Елена Анатольевна, Загорулько Галина Борисовна, Ахмадеева Ирина Равильевна, Серый Алексей Сергеевич // Онтология проектирования [200]

Паттерны ОП разделяются на шесть основных типов:

- Структурные паттерны (Structural ODPs) задают общую структуру онтологии, соответствующую требованиям моделирования, а также предлагают методы для устранения ограничений выразительности языков описания онтологий.
- Паттерны соответствия (Correspondence ODPs) используются для описания существующей онтологии на другом языке, а также при интеграции онтологий для определения соответствия между понятиями.
- Паттерны содержания (Content ODPs) – это небольшие фрагменты онтологий, которые описывают типичные ситуации в определенной предметной области.
- Паттерны логического вывода (Reasoning ODPs) обеспечивают достижение конкретного результата логического вывода.
- Паттерны представления (Presentation ODPs) определяют правила наименования и комментирования элементов онтологии для легкого восприятия пользователями.
- Лексико-синтаксические паттерны (Lexico-Syntactic ODPs) включают описания структуры предложений естественного языка, на основе которых могут быть созданы фрагменты онтологии.

Ядром онтологии ОП является класс «Паттерн онтологического проектирования», который задает основные свойства паттернов ОП и его подклассы, представляющие типы паттернов ОП. Примерами подклассов являются Паттерн вывода, Паттерн содержания, Лексико-синтаксический паттерн и так далее.

Описание паттерна включает информацию о его авторе и сфере применения, текстовый обзор, графическое изображение, ссылки на другие паттерны, перечень сценариев и примеры использования.

Для описания контекста разработки и использования паттернов в онтологию включены следующие классы: Область применения, Задача, Деятельность и другие.

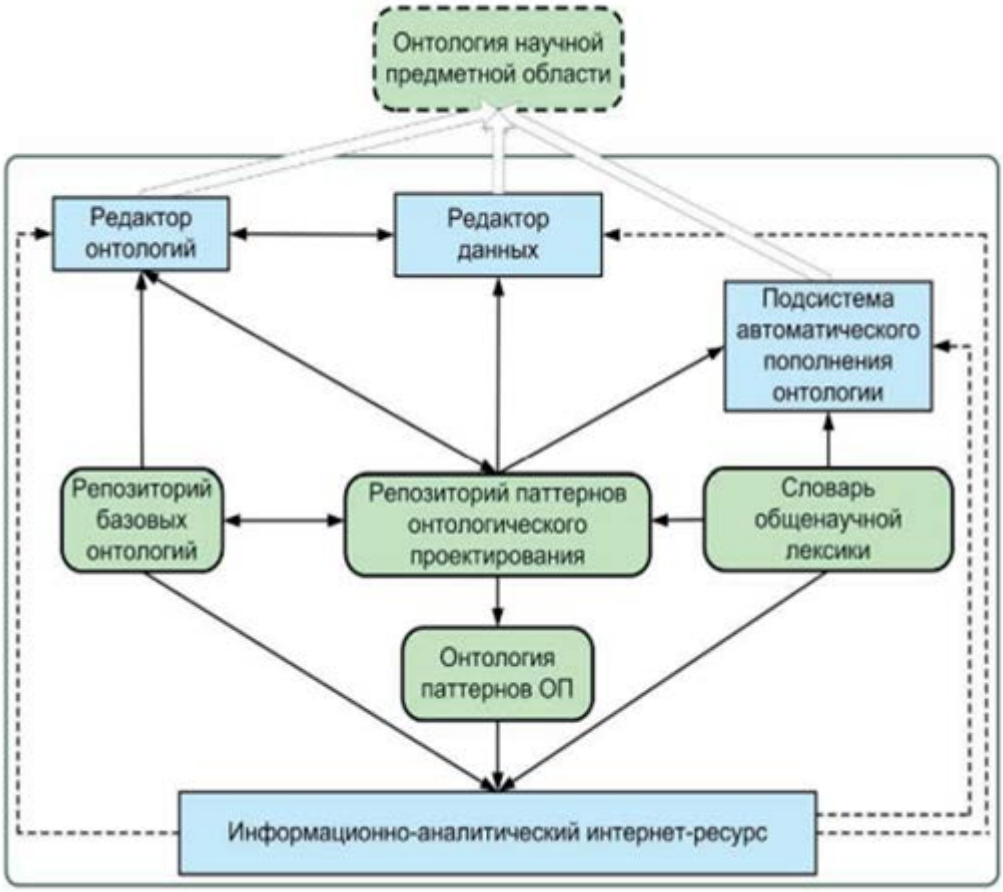
Отношения, включенные в онтологию, позволяют связывать паттерны с экземплярами классов. Таким образом появляется возможность связать паттерны ОП с ПрО и проектами, в которых они используются, а также с публикациями, в которых они описываются.

Потребность в применении структурных логических паттернов обусловлена отсутствием в языке OWL достаточных возможностей для описания сложных объектов и структур, имеющих значение при разработке онтологий НПрО, включая многоместные и атрибутированные отношения (бинарные отношения с атрибутами), а также допустимые области значений, определяемые создателем онтологии. Для каждого паттерна, описывающего концепцию НПрО, определен набор основных атрибутов, позволяющих однозначно определить конкретный экземпляр понятия.

Система автоматизированного построения онтологий (САПО) для научных предметных областей (НПрО) основана на разнообразных паттернах ОП и включает следующие компоненты:

онтологии паттернов ОП, репозиторий паттернов ОП, репозиторий базовых онтологий, словарь общенаучной лексики, редактор онтологий, редактор данных, информационно-аналитический интернет-ресурс и подсистему автоматического пополнения онтологии на основе лексико-синтаксических паттернов (ЛСП). Компоненты системы представлены на Рисунке 13.

Рисунок 13. Архитектура системы автоматизированного построения онтологий



Источник: Автоматизация разработки онтологий научных предметных областей на основе паттернов онтологического проектирования / Загорулько Юрий Алексеевич, Сидорова Елена Анатольевна, Загорулько Галина Борисовна, Ахмадеева Ирина Равильевна, Серый Алексей Сергеевич // Онтология проектирования [200]

База данных паттернов строится на основе онтологии паттернов и содержит примеры их использования. При этом паттерны содержания, представления и структурные логические паттерны реализованы с использованием языка OWL, а лексико-синтаксические паттерны представлены на специальном языке описания шаблонов.

САПО использует метод создания онтологии НПрО на основе базовых онтологий, включающих наиболее общие понятия, применимые для большинства НПрО. Поэтому в систему интегрирован репозиторий базовых онтологий, состоящий из онтологии научного знания, онтологии научной деятельности, базовой онтологии задач и методов, а также базовой онтологии информационных ресурсов.

Словарь общенаучных терминов состоит из семантически размеченных слов, применяемых в научных работах для описания понятий из различных предметных областей. Этот словарь помогает извлекать предметную лексику из текстов и автоматически создавать словарь предметной области, а также анализировать тексты с использованием лексико-синтаксических шаблонов.

Модуль автоматического пополнения онтологии предназначен для добавления информации в онтологию предметной области, полученной из текстов на естественном языке. Для этого используются ЛСП, основанные на структуре содержания и словаре общенаучных терминов.

В большинстве случаев необходимо собирать большой объем данных в реальном времени, чтобы создать обширную базу знаний для сложной информационной системы.

Далее представлены наиболее распространенные онтологии. Например, онтология PSL [201], предназначенная для автоматического обмена информацией между производственными приложениями. ProSGV3 [202], которую используют в области прогнозирования потребления электроэнергии. Онтология SAREF for Smart Energy Domain (SAREF4ENER) [203], которая представляет собой расширение онтологии SAREF в области управления энергией.

Онтология PSL. Язык спецификации процесса (PSL) – это онтологический формат, разработанный для автоматического обмена данными о процессах между различными производственными системами, такими как моделирование и планирование производства, организация рабочих процессов, управление документацией, управление проектами и инструменты реорганизации бизнес-процессов. В основе PSL лежит онтология, которая предоставляет формальное описание компонентов и их связей, образующих процесс.

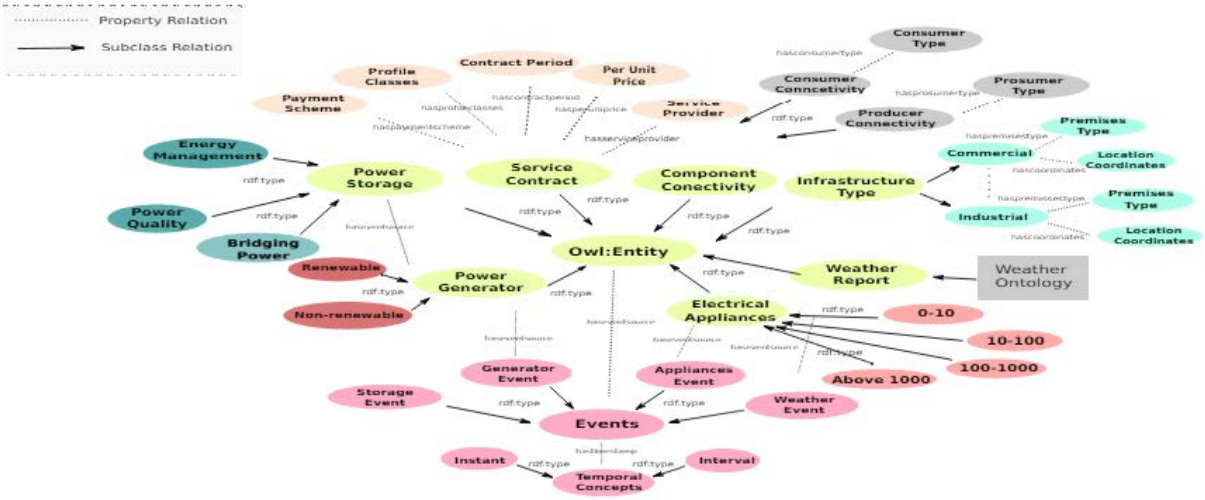
Цель PSL в производстве – обеспечивать интеграцию разных приложений, связанных с процессами, на протяжении всего жизненного цикла производственного процесса. Онтология использует формат обмена информацией Common Logic Interchange Format (CLIF) для описания концепций, констант, функций и отношений. Основа онтологии PSL состоит из набора первичных понятий (объект, активность, Activity_occurrence, момент времени), констант (inf+, inf-), функций (beginof, endof) и отношений (происхождение_of, участвует_в, между, до, существует_at, is_occurring_at). Эта основная онтология применяется для описания более сложных концепций. Онтология использует общий логический обменный формат (CLIF) для представления понятий, констант, функций и отношений.

Эта онтология предоставляет словарь классов и отношений для базовых концепций, таких как экземпляры событий, экземпляры объектов и моменты времени. Верхний уровень PSL основывается на следующих элементах:

- Действие – класс или тип действия, например, install-part, представляющий класс действий, в которых устанавливаются части.
- Происхождение действия – событие или действие, происходящее в определенном месте и в определенное время, например, конкретный экземпляр установки части, происходящий в определенную временную метку.
- Момент времени – момент времени.
- Объект – все, что не является моментом времени или действием.

Онтология ProSGV3. Оптимизированная онтология характеризуется инкапсуляцией целых концепций предметной области с нужной степенью детализации. В связи с постоянным развитием современных систем и тем, что SG еще не достигла состояния стандартизированной модели, возникают трудности, связанные со сложностью сети, большим количеством элементов, разнообразием архитектур и высокой гибкостью требований. Это обуславливает необходимость создания общей базы знаний, в которой все участники системы были бы смоделированы и связаны с требуемой степенью детализации. и очень гибкие требования. Рисунок 14 иллюстрирует дизайн онтологии для SG. Онтология разделена на восемь слоев.

Рисунок 14. Онтология SG, ориентированная на потребителя



Источник: Gruber T. A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge Acquisition [202]

Модель данных базы знаний содержит всю информацию с необходимой степенью обобщения. Она учитывает различные контексты, не нарушая общей структуры базы знаний (многоуровневой). Дизайн онтологии может адаптироваться к новым концепциям, например, если в помещении пользователя добавляется устройство, которое еще не определено в онтологии предметной области. Также система использует многоступенчатую онтологию, где классифицированные понятия можно изменять без влияния на общую структуру. Если, например, в систему вводится новый вид генератора энергии, требуется лишь добавить новую концепцию в соответствующий класс без модификации связей в онтологии предметной области.

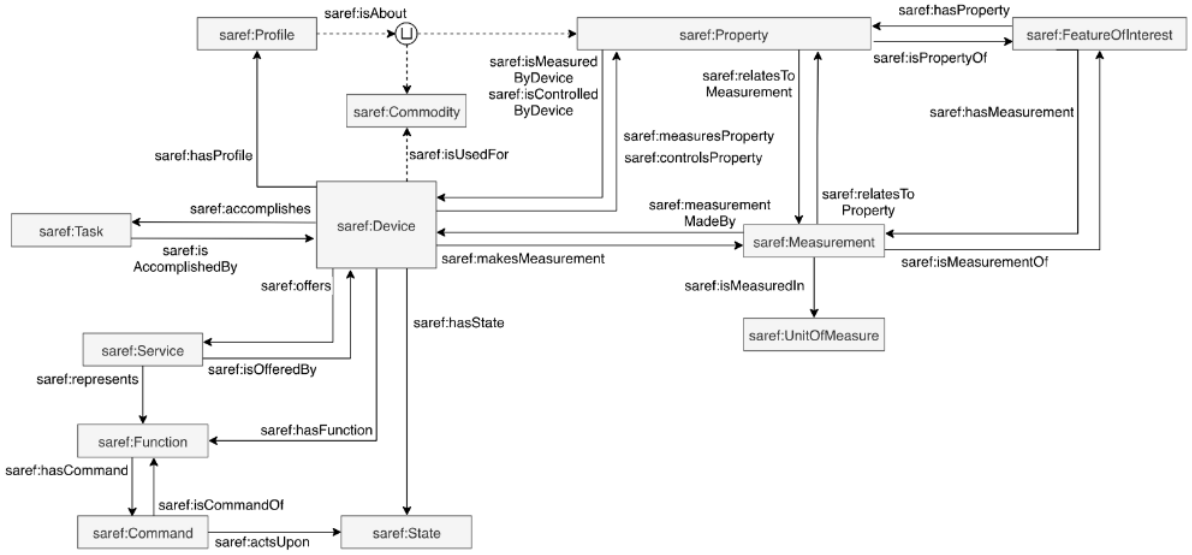
Онтология SAREF4ENER. Онтология Smart Applications Reference (SAREF), разработанная и поддерживаемая ETSI, основывается на представлении об устройстве как о физическом объекте, который выполняет одну или несколько функций. Изначально онтология SAREF была создана для определения сферы умного дома, но впоследствии была расширена и включила в себя специализированные разделы для энергетики, строительства, экологии и др. Это общая концепция, позволяющая систематизировать существующие ресурсы в сфере интеллектуальных приложений.

SAREF четко определяет ключевые понятия и взаимосвязи в сфере интеллектуальных приложений, а также устанавливает правила использования этих понятий и связей. SAREF основан на следующих ключевых принципах:

- Уточнение основных понятий, распространенных в сфере интеллектуальных приложений.
- Способствование расширению, которое позволит онтологии развиваться.
- Повторное использование и согласование концепций и связей.
- Возможность комбинирования и разделения разных частей онтологии в соответствии с потребностями.

На Рисунке 15 представлен набор классов онтологии SAREF и их взаимосвязей.

Рисунок 15. Основные классы и взаимосвязи в SAREF



Источник: 204. A SAREF Extension for Semantic Interoperability in the Industry and Manufacturing Domain / L. Daniele, M. Punter, C. Brewster, R. García Castro, M. Poveda, A. Fernández // Enterprise Interoperability :; ред. Martin Zelm, Frank-Walter Jaekel, Guy Doumeingts, Martin Wollschlaeger [203]

Для более легкого взаимодействия между различными системами и устройствами в энергетической области была создана онтология SAREF4ENER. В ее возможности входит охват различных аспектов работы устройств, которые имеют отношение к энергетическим процессам, таким как потребление, генерация, передача и хранение энергии.

Особенностями онтологии SAREF4ENER являются:

1. Совместимость: SAREF4ENER может взаимодействовать с другими онтологиями, что является несомненным плюсом в вопросе целостности и совместимости существующих систем.
2. Гибкость: SAREF4ENER имеет возможность описывать абстрактные концепции, помимо конкретных физических объектов.
3. Специализированность: SAREF4ENER как онтология, разработанная для работы с системами области энергетики, является узкоспециализированной, что позволяет

более точно описывать модель предметной области. Другим примером узкоспециализированного расширения SAREF является онтология SAREF4BLDG – расширение SAREF для зданий.

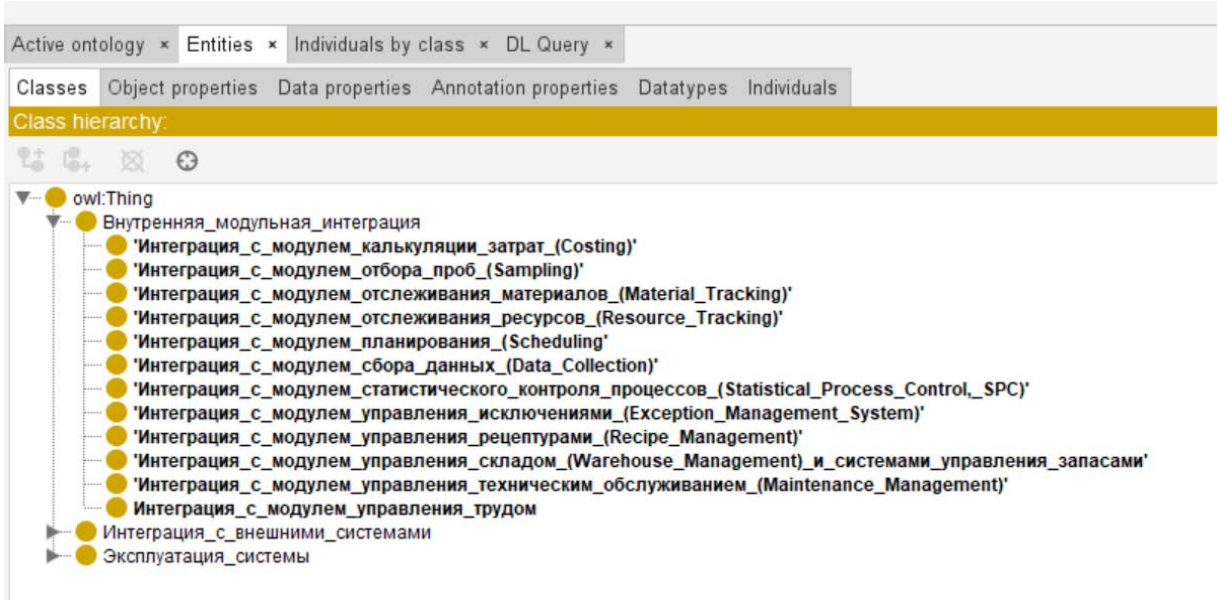
4. Стандартизация: SAREF4ENER основана на таких стандартах, как OWL, RDF и RDFS. Это обеспечивает ее совместимость с системами, которые тоже используют эти стандарты.

Описанные особенности позволяют онтологии SAREF4ENER быть полезной в разработке энергетических систем.

Приведем построение онтологии характеристик производственных систем на примере MES-систем: онтологии предлагается рассматривать как перспективное базовое решение для интеллектуализации систем автоматизации на производстве на основе базы знаний и использования разрабатываемой КФС с расширенными функциональными возможностями.

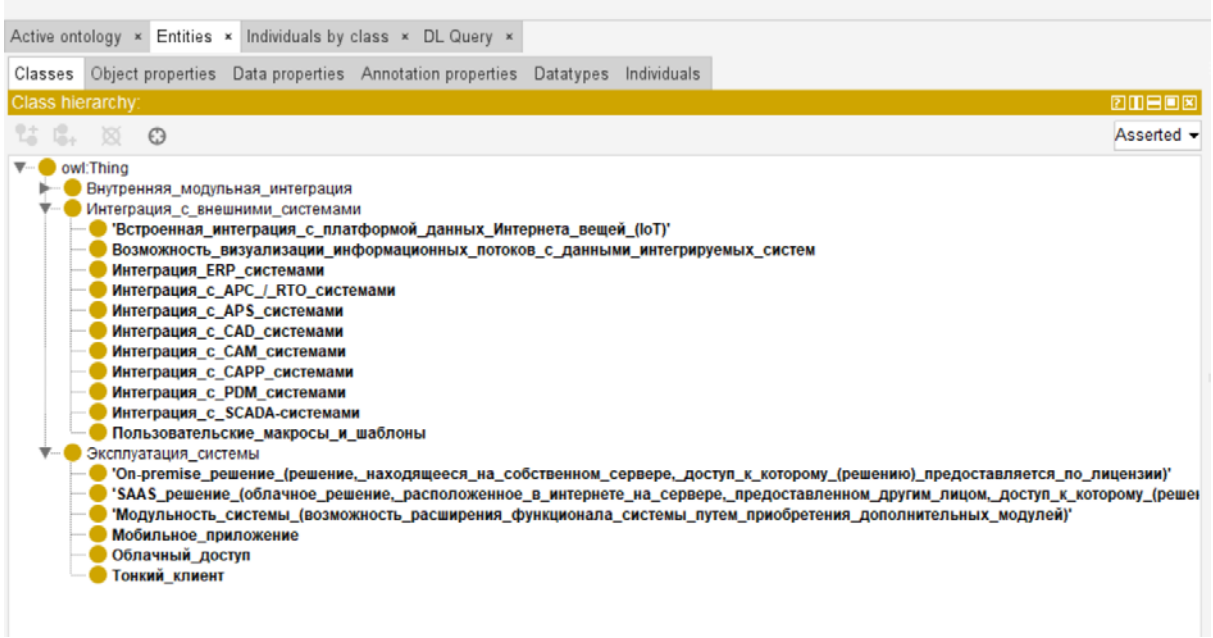
На Рисунке 16 и Рисунке 17 представлена иерархия классов онтологии в качестве примера, что в целом следует рассматривать как базовый вариант онтологии характеристик MES-систем.

Рисунок 16. Состав характеристик класса «Внутренняя модульная интеграция» для MES-систем



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным НЦМУ «Передовые цифровые технологии»

Рисунок 17. Состав характеристик класса «Интеграция с внешними системами» и «Эксплуатация системы» для MES-систем



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным НЦМУ «Передовые цифровые технологии»

Таким образом, достижения в системах оперативного энергоменеджмента отражают междисциплинарный подход, объединяющий инновации, реализацию термодинамических принципов, ИИ и экономические соображения. Оптимизация конструкции и термодинамическая оптимизация, такие как инновационные теплообменники и технологии фазового перехода, обеспечивают базовые улучшения в производительности тепловых агрегатов. Интеграция ИИ и машинного обучения вводит интеллектуальные стратегии управления, позволяя системам адаптироваться к изменяющимся условиям, прогнозировать будущие потребности и активно оптимизировать операции.

В дата-центрах, где оперативный энергоменеджмент имеет решающее значение для повышения производительности и энергоэффективности, решения на основе ИИ (в частности, с использование онтологического подхода) предлагают значительные преимущества. Принятие гибридных систем на основе возобновляемых источников энергии и включение моделей экономической оптимизации демонстрируют целостный подход к устойчивому и экономически эффективному управлению в этой сфере.

Будущие исследования следует сконцентрировать на усилении интеграции ИИ с тепловыми системами, исследовании углубленных алгоритмов для оптимизации в реальном времени и разработке гибридных систем, эффективно объединяющих несколько источников энергии. Акцент на экологическом воздействии, энергоэффективности и экономической целесообразности будет стимулировать развитие тепловых систем следующего поколения, отвечающих потребностям современных отраслей, поддерживая глобальные цели устойчивого развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании были проанализированы различные аспекты развития рынка систем управления производством (MES-систем).

Современные системы управления производством (MES-системы, Manufacturing execution system, MES) представляют собой системы управления производственной деятельностью и ее оптимизации, которая в режиме реального времени планирует, инициирует, отслеживает, оптимизирует, документирует производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции.

В первой главе представлен анализ мирового и российского рынка, а именно емкость рынков и темпы роста, характеристики основных игроков и их доли на рынке. По данным компании Mordor Intelligence объем рынка MES составил 14,87 млрд долл. за 2023 г. и ожидается рост с среднегодовым темпом (CAGR) в 10,10% в период 2023-2028 гг. На основе экспертной оценки, объем российского рынка MES в 2023 г. составил 0,34 млрд долл., ожидаемый темп роста рынка (CAGR) составит 9% с 2023 г. по 2028 г.

Для мирового рынка подробно рассмотрены географические сегменты и факторы развития, такие как растущая сложность производственных процессов, потребность в крупномасштабном производстве и соответствующей сети складов, внедрение технологии Интернета вещей (IoT) в обрабатывающей промышленности и пр.

Во второй главе особое внимание уделено технологическим тенденциям развития мирового и российского рынка: рассмотрены перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, рыночные кейсы, а также представлен обзор ключевых научных разработок в РФ по результатам интеллектуальной деятельности. К наиболее важным технологическим тенденциям, влияющим на развитие MES-систем, следует отнести, в первую очередь, многочисленные технологии искусственного интеллекта, технологии перспективной мобильной связи (5G и промышленный интернет вещей), а также облачные технологии.

Сочетание технологий искусственного интеллекта и облачных технологий уже активно внедряется в промышленное производство в рамках традиционной автоматизации промышленности. С развитием передовой мобильной связи можно ожидать резкого ускорения роста данного направления по мере разрешения санкционных конфликтов в области технологий 5G и распространения сотовых сетей нового поколения в мировой экономике.

Третья глава посвящена анализу релизов обновлений функциональных возможностей зарубежных и российских систем в 2024 году с заключением о тенденциях и приоритетах развития зарубежных и отечественных систем в 2024 году. Для анализа были отобраны крупные компании рынка, в числе которых Siemens, GE, Oracle, Rockwell Automation, ABB, SAP, Tulip и др.

Анализ инвестиций, сделок M&A и проектов кооперации в России и в мире представлен в четвертой главе. Подробно рассмотрены слияния и поглощения разработчиков систем в мире по состоянию на конец 2024 года, проекты кооперации российских разработчиков и планы по развитию систем в России.

Пятая глава рассматривает новые крупные проекты в области MES-систем в России и мире.

В шестой главе особое внимание уделено нормативно-правовому регулированию в России, в том числе анализу государственных программ поддержки по НИРам и НИОКРам, применимым при развитии MES-систем. В седьмой главе представлены ключевые барьеры и проблемы развития анализируемых систем на российском рынке и необходимые действия для преодоления барьеров и решения выявленных проблем.

Наконец, восьмая глава посвящена анализу в соответствии с направлениями развития технологий, расширяющих возможности MES-систем, в 2024 году, а именно: проведен анализ подсистемы предиктивной аналитики; представлен анализ подсистемы многокритериальной оптимизации; разработаны предложения для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований.

Таким образом, доклад формирует представление о развитии рынка систем управления производством (MES-систем), в том числе о направлениях развития современных технологий, составляющих рассматриваемые системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ РОССИЙСКИХ MES-СИСТЕМ

Таблица 17. Перечень российских MES-систем по данным из Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных на 11.10.2024, по классификатору, утвержденному приказом от 22.09.2020 № 486 только по основным ПО

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
24260	ИНФОПРО: Расчет ТЭП, v 3.0	Средства управления производственными процессами (MES); Средства математического и имитационного моделирования; Средства поддержки принятия решений (DSS); Программное обеспечение для решения отраслевых задач в области энергетики и нефтегазовой отрасли	04.10.2024	ООО «ГК ИНФОПРО»	6315630208	2020612027	14.02.2020
24146	Самообучающаяся интеллектуальная система управления производством уникальной несерийной электротехнической продукции – «СмартЭнерго»	Средства управления производственными процессами (MES)	23.09.2024	ООО «ЛЕКСЕМА»	0273021786	2023681015	09.10.2023
24133	Программный комплекс ID-Mark&Trace для автоматизации процессов маркировки и прослеживаемости в соответствии с требованиями системы «Честный ЗНАК» (ПК ID-Mark&Trace)	Средства управления производственными процессами (MES)	23.09.2024	ООО «ИД РАША»	7811209630	2022666275	29.08.2022

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
24038	РОС.Т	Средства управления производственными процессами (MES)	23.09.2024	ООО «РОС»	3906407760	2022668199	04.10.2022
23471	АИС «Система управления данными о неисправностях выпускаемых изделий»	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления	30.07.2024	ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»	5254001230		
23452	СИНАПС. Платформа для построения систем управления производством	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления; Программы человеко-машинных интерфейсов на производстве (HMI); Программы технического обслуживания и ремонта (CMMS)	30.07.2024	АО «СИНЕТИК»	5410119182	2024618512	12.04.2024
23083	Интерконнект 3.0	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	28.06.2024	ООО «Би Питрон»	7801225979		
23057	GERVIG	Средства управления производственными процессами (MES)	28.06.2024	ООО «ГЕРВИГ»	9725081853	2023686309	05.12.2023
23044	Программный комплекс МЕТИДА (METIDA digital)	Средства управления производственными процессами (MES); Программы для создания цифровых двойников производственного оборудования и систем,	28.06.2024	ООО «НПК «Интеллектуальные технологии»	7804389196	2023688063	20.12.2023

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
		инфраструктурных объектов и готовых изделий (DT)					
22951	Индустриальная Комплексная Системная Платформа (ИКС-платформа)	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	28.06.2024	ООО «ПРОМБИЗНЕС СОФТ»	7726622131	2023618246	17.04.2023
22703	Автоматизированная система управления поддержанием летной годности воздушных судов и компонентов (АСУ ПЛГ ВС)	Средства управления производственными процессами (MES)	24.05.2024	ФГУП ГосНИИ ГА	7712039709	2022618279	05.05.2022
22672	АВАСОФТ MES	Средства управления производственными процессами (MES)	24.05.2024	ООО «АВАСС»	6671095682	2024618977	18.04.2024
22608	Мониторинг каталитических систем	Средства управления производственными процессами (MES); Программное обеспечение для решения отраслевых задач в области обрабатывающего производства	24.05.2024	ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЬ»	5504036333	2021660926	05.07.2021
22500	«LANIT SMART MANUFACTURING» (LSM)	Средства управления производственными процессами (MES); Программы производственного планирования (APS); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	14.05.2024	АО «ЛАНИТ»	7727004113	2024612666	02.02.2024

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
22449	Комплексная программа контроля и прогноза качества по цепочкам производства нефтепродуктов	Средства управления производственными процессами (MES); Программное обеспечение для решения отраслевых задач в области обрабатывающего производства	14.05.2024	ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЬ»	5504036333	2022667045	14.09.2022
22431	ExeMES	Средства управления производственными процессами (MES)	14.05.2024	ООО «ЭкзеПлэнт»	7810575169	2023660664	23.05.2023
22427	МИНЕРАЛ V.1	Средства управления производственными процессами (MES); Средства обработки и анализа геологических и геофизических данных	14.05.2024	АО «ОТ-ОЙЛ»	7728679990	2021612795	25.02.2021
22397	ПрЭВМ «Trace-X» – программный комплекс управления маркировкой и прослеживаемости маркированных товаров»	Средства управления производственными процессами (MES); Средства автоматизированного управления техникой; Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	14.05.2024	ООО «БИ АЙ РЕШЕНИЯ»	3666244118	2024616476	20.03.2024
22069	ОРИОН	Средства управления производственными процессами (MES); Средства технологической подготовки производства (CAPP); Программы производственного планирования (APS)	04.04.2024	ООО «Технологии ПЛМ»	9724082607	2023619746	15.05.2023

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
20950	Информационная система «Процессный центр пусконаладочных работ»	Средства управления производственными процессами (MES); Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP)	29.12.2023	АО «Атомтехэнерго»	5029106714	2023681738	18.10.2023
20712	iPrill ERP	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления бизнес-процессами (BPM)	25.12.2023	ООО «Стеклопакеты и стекло-Центр»	7729469019	2022660276	01.06.2022
20660	АльянсТМ	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления; Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	25.12.2023	ООО «Альянс Технопроект»	8602207416	2015615899	27.05.2015
20312	Система диспетчеризации «BFG-iMES»	Средства управления производственными процессами (MES)	27.11.2023	ООО «БФГ Групп»	1841065216	2023666545	02.08.2023
19974	«К.У.П.О.Л.» – Комплекс Управления Производством и Организация логистики (клиентская и серверная части)	Средства управления производственными процессами (MES)	13.11.2023	АО «Диполь Технологии»	7814536770	2019618297	27.06.2019
19935	Система оперативного управления сборочным производством «BFG-QRM-Assembly»	Средства управления производственными процессами (MES)	13.11.2023	ООО «БФГ Групп»	1841065216	2023666728	03.08.2023

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
19855	АСУ ГТК «Карьер» 2021	Средства управления производственными процессами (MES)	01.11.2023	ООО «ЦИФРА»	7704245507	2022685320	22.12.2022
19685	«Система управления производственными процессами MES.lite» («MES.lite»)	Средства управления производственными процессами (MES)	01.11.2023	ООО «Креатив Рус»	7802718455	2020610255	13.01.2020
19590	ПК ПромЖелдорТранс	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления	17.10.2023	ООО НТФ «СЕВАВТОТРАНС»	3528075673	2016614163	18.04.2016
19578	Программное обеспечение системы оперативного управления производством дробильно-сортировочного комплекса	Средства управления производственными процессами (MES)	17.10.2023	ООО «ИТ БОРИМАСОФТ»	6679158461	2023612192	31.01.2023
19537	Система управления производством «реMESло»	Средства управления производственными процессами (MES)	17.10.2023	ООО «РОКИТСОФТ»	7709849809	2023616102	22.03.2023
19441	Система автоматизированного управления производством ГОЛЬФСТРИМ 9	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	04.10.2023	ООО «АСКОН-Бизнес-решения»	5022043938	2023661878	02.06.2023
19197	ПК МАГИСТРАЛЬ	Средства управления производственными процессами (MES)	23.09.2023	ООО «АрСи ПРО»; ООО «АрСи БиАй»	9731003540; 7717679766	2019667653	26.12.2019

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
19083	Информационная система «Система оперативного управления производством ПАО «КАМАЗ» на базе программного обеспечения «Система управления производственным предприятием» (версия 2.1)	Средства управления производственными процессами (MES)	18.09.2023	ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»	5254001230	2022667843	27.09.2022
19054	ERP EVA 5.0 U	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	18.09.2023	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЧЕ-СИ-СТЕМА»	5408017352		
18943	TALARIX MES	Средства управления производственными процессами (MES)	05.09.2023	ООО «Таларикс»	3448033879	2023615279	13.03.2023
18905	Кандата	Средства управления производственными процессами (MES)	05.09.2023	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВЕРШИНА ТЕХНОЛОГИЙ»	7725260143	2023614345	28.02.2023
18588	Prof-IT MES: Оперативное управление производством	Средства управления производственными процессами (MES)	09.08.2023	ООО «ТЭП»	7300005620	2022611658	28.01.2022

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
18512	Система контроля производства «Feecc РМИ»	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления бизнес-процессами (BPM)	09.08.2023	ООО «МУЛЬТИАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ»	7840097350	2022660983	14.06.2022
18453	MES4FOOD	Средства управления производственными процессами (MES)	02.08.2023	ООО «Константа ИТ»	5260435669	2018666699	19.12.2018
	Автоматизированная информационная система «Цифровое месторождение»	Средства управления производственными процессами (MES); Средства усовершенствованного управления технологическими процессами (APC, RTO); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM); Средства обработки и анализа геологических и геофизических данных; Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	02.08.2023	ООО «Эттон-Центр»	7725735527	2023617414	10.04.2023
18245	I-DS Цифровые сервисы	Средства управления производственными процессами (MES); Средства интеллектуальной обработки информации и интеллектуального анализа бизнес-процессов; Средства усовершенствованного управления технологическими процессами (APC, RTO); Средства управления	05.07.2023	ООО «ИндаСофт»	7721103816	2023613081	10.02.2023

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
		лабораторными потоками работ и документов (LIMS); Инструменты извлечения и трансформации данных (ETL); Средства поддержки принятия решений (DSS)					
18078	WS. Жалюзи	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления отношениями с клиентами (CRM); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	20.06.2023	ООО «Программные системы»	7453271393	2017660480	22.09.2017
17874	Программно-аппаратный комплекс «Сериализация и агрегация маркируемой продукции»	Средства управления производственными процессами (MES)	06.06.2023	ООО «ТЕХНО-РУСЬ»	6685130680		
17518	iDigit.PAS. Производственная система учета нефти и газа	Средства управления производственными процессами (MES)	17.05.2023	Общество с ограниченной ответственностью «Айдиджит групп»	5506176865	2020667242	22.12.2020
17315	Система управления производственным процессом	Средства управления производственными процессами (MES)	17.04.2023	ООО «Ай Ти Пром»	6670428642		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
17263	Прикладное программное обеспечение аппаратно-программного комплекса построения графика исполненного движения поездов (ГИД-Ф)	Средства управления производственными процессами (MES); Средства поддержки принятия решений (DSS)	11.04.2023	АО «Форатек АТ»	9701066888	2023613025	09.02.2023
17231	Информационно-аналитическая система «Управление энергоэффективностью предприятия»	Средства управления производственными процессами (MES)	11.04.2023	ООО «ГЦЭ – Новые технологии»	7840008167	2020615765	01.06.2020
17139	Мобильный мониторинг технического состояния промышленных активов	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Предметно-ориентированные информационные базы данных (EDW)	03.04.2023	ООО «МОБИН»	9731001172		30.07.2019
17006	Конфигурация: Маркообразование кабельного продукта	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления бизнес-процессами (BPM)	21.03.2023	ООО «Айкьюникс Тек»	5074074077		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
16683	Альфа-Смарт	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA); Средства управления информационными ресурсами и средства управления основными данными (ECM, MDM); Средства поддержки принятия решений (DSS)	20.02.2023	ООО «Альфанова»	9728005508	2022669048	14.10.2022
16295	Программа для ЭВМ «BFG QRM+» (Технология управления производственной системой предприятия)	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM); Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP); Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM); Средства математического и имитационного моделирования	23.01.2023	ООО «БФГ СОФТ»	7731349632	2020617804	15.07.2020
16251	Цифровая платформа учета и интеллектуального анализа в реальном времени персонала,оборудования и техники в помещениях(здания,наземные и подземные	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM)	16.01.2023	ООО «Навигационные решения»	3525270838	2021613074	02.03.2021

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
	сооружения,тон-нели,шахты)и на открытых промышленных площад-ках- программа для ЭВМ»Цифровая платформа трекинга»						
16079	Автоматизированная Си-стема Управления ТОРЭКС (Техническое Об-служивание, Ремонт и Экс-плуатация)	Средства управления производ-ственными процессами (MES)	29.12.2022	АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГО-АТОМ»	7721632827		
15395	АРК-Рецепт менеджер	Средства управления производ-ственными процессами (MES)	31.10.2022	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННО-СТЬЮ «АРКСОЛ»	7801689674		
15048	Программный комплекс РЭА Софт	Средства управления производ-ственными процессами (MES)	03.10.2022	АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГО-АТОМ»	7721632827	2020619237	13.08.2020
15012	КСУ «Старт». Система управления производством	Средства управления производ-ственными процессами (MES)	26.09.2022	АО «ФНПЦ «ПО «СТАРТ» ИМ. М.В. ПРОЦЕНКО»	5838013374	2021681162	17.12.2021
14831	Программный модуль Да-таПлат Производство.Ба-лансы	Средства управления производ-ственными процессами (MES); Информационные системы для ре-шения специфических отраслевых задач	12.09.2022	ООО «Инфтех»	7709346322	2020616630	19.06.2020

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
14427	Система адаптивного внутрицехового планирования производства в реальном времени «МТ. Производство» (в составе базовых модулей)	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	08.08.2022	ООО «МЕС-Технологии»	3025030073	2022616471	18.04.2022
14367	Программно-математический комплекс управления техническим состоянием оборудования, технических средств и устройств	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления основными фондами предприятия (EAM)	03.08.2022	ООО «ГЦЭ»	7825111459	2017612604	01.03.2017
14348	КИП (Комплекс Информационной Поддержки)	Средства управления производственными процессами (MES); Базы знаний; Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	26.07.2022	ООО «Иторум Эм Ар»	7731335125	2020615276	20.05.2020
14266	Призма: MES (система управления производственными процессами)	Средства управления производственными процессами (MES); Средства интеллектуальной обработки информации и интеллектуального анализа бизнес-процессов; Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	18.07.2022	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ПРИЗМА ПИК»	5031128313	2019664515	07.10.2019
14245	Диспетчер MES	Средства управления производственными процессами (MES)	18.07.2022	ООО «Твинс технологии»	6732113162		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
14176	MES-супермаркет	Средства управления производственными процессами (MES)	11.07.2022	ФГУП «ПСЗ»; ФГУП «ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»	7405000428	2016613700	04.04.2016
14128	MES-координатор	Средства управления производственными процессами (MES)	01.07.2022	ФГУП «ПСЗ»; ФГУП «ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»	7405000428	2016614147	15.04.2016
14127	ИКС «РЕЗАП»	Средства управления производственными процессами (MES)	01.07.2022	ФГУП «ПСЗ»; ФГУП «ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»	7405000428	2017664259	19.12.2017
13936	КСМ Центр управления	Средства управления производственными процессами (MES)	14.06.2022	ООО «КЕЙ СОФТ»	9701015065	2022618268	05.05.2022
13867	Программа для ЭВМ (IT-платформа) «BFG IS+» для построения, анализа, преобразования цифровых прототипов производственных систем, включающая технологию поддержки принятия решений, технологию операционного управления производственной системой с быстрой реакции	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM); Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP)	07.06.2022	ООО «БФГ СОФТ»	7731349632	2022613067	01.03.2022

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
13472	Система оперативного управления производством «ТАП»	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления; Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	11.05.2022	ООО «ТАП»	1840102257	2022610913	18.01.2022
13392	Цифровая платформа IndustriCS	Средства управления производственными процессами (MES); Средства интеллектуальной обработки информации и интеллектуального анализа бизнес-процессов; Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства технологической подготовки производства (CAPP); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM); Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	26.04.2022	АО «СИСОФТ РАЗРАБОТКА»	7725354105	2021666778	20.10.2021
13094	АИС «Конвейер 2.0»	Средства управления производственными процессами (MES)	21.03.2022	ООО «Гласстех»	5408016736	2022610578	13.01.2022

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
12985	Программное обеспечение «Система цифрового управления производством на основе машинных данных»	Средства управления производственными процессами (MES)	05.03.2022	ООО «Экстенсив-Сервис»	6678074441	2021665170	20.09.2021
12832	Procard	Средства управления производственными процессами (MES); Мультимедийное программное обеспечение	14.02.2022	ООО «КОМПЬЮТУС»	9728063235	2021664598	05.07.2022
12366	Программа расчета вариантов плана производства для группы взаимозаменяемых машин и общей оснастки с оптимизацией по срокам исполнения заказов и издержкам	Средства управления производственными процессами (MES); Дополнительные программные модули (плагины)	27.12.2021	ООО «Компания «Проекты и Решения»	1650237986	2017613790	30.03.2017
12342	MST Lab 24	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления проектами; Органайзеры; Программное обеспечение средств электронного документооборота	21.12.2021	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «МСТ»	7708248890	2021618084	21.05.2021
11542	«Модуль контроля факта выполнения операций на этапе сборки и тестирования жгутов» на основе	Средства управления производственными процессами (MES)	20.09.2021	ООО «Самараавтожгут»	6311039749	2021610540	15.01.2021

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
	технологий компьютерного зрения						
11340	ПРОГРЕСС-Баланс	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	25.08.2021	ООО «ПРОГРЕСС»	9704006206		
10979	Цифровые сервисы планирования и диспетчеризации производства/Zyfra Production Scheduling	Средства управления производственными процессами (MES)	05.07.2021	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ	7813646509		
10978	Массовый и энергетический баланс/Zyfra Mass & Energy Balance	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства математического и имитационного моделирования	05.07.2021	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ	7813646509		
10951	Базовые компоненты цифровизации/Zyfra Industrial Automation Kit	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	30.06.2021	ООО «Тета Дата Солюшнс»	7703426243	2021614566	26.03.2021

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
10862	Sitcore: Система оперативного управления и визуализации	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM)	25.06.2021	ООО «ВАПКОР»	7820047383	2018611515	02.02.2018
10625	Сервис Заказов Кодов Маркировки	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	27.05.2021	ООО «ВЕКАС»	7733306338		
9847	DPA	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления; Средства управления оборудованием с числовым программным управлением (CAM); Средства усовершенствованного управления технологическими процессами (APC, RTO)	18.03.2021	ООО “ЭКСТЕНСИВ – АВТОМАТИЗАЦИЯ”	6658347732		
9740	Программное обеспечение информационно-отчетной системы (ИОС) технического обслуживания и ремонта «Смарт.газ: ТОИР»	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	15.03.2021	ООО «АКСИТ»	9728009534		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
9720	Снаряд: Оперативное производственное планирование (APS)	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	15.03.2021	ООО «АДЕПТИК ПЛЮС»	3017062650		
9607	Digital Enterprise Solution. Manufacturing Execution System (DES.MES)	Средства управления производственными процессами (MES)	15.03.2021	АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «АЙ-ТЕКО»	7704160892		
8683	Единая цифровая платформа предприятия DATA-TRACK	Средства управления производственными процессами (MES); Средства мониторинга и управления	31.12.2020	ООО «ДАТА-ЦЕНТР АВТОМАТИКА»	6673171843		
8533	Менеджмент качества v.2 / Zyfra Quality Assurance v.2	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	30.12.2020	ООО «ЦИП»	7813646509	2020617844	27.04.2021
7803	Автоматизированная информационная система NPT Platform	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления основными фондами предприятия (EAM)	14.12.2020	ООО «НОВЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»	7806402269		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
7564	Контур.Меркурий	Средства управления производственными процессами (MES); Средства интеллектуальной обработки информации и интеллектуального анализа бизнес-процессов; Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства управления бизнес-процессами (BPM)	14.12.2020	АО «ПФ «СКБ КОНТУР»	6663003127		
7459	Модуль «Контроль производства»	Средства управления производственными процессами (MES)	30.11.2020	ООО «ТВИНС ТЕХНОЛОГИИ»	6732113162		
6409	Галактика MES	Средства управления производственными процессами (MES); Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP)	07.04.2020	АО «КОРПОРАЦИЯ ГАЛАКТИКА»	7707140573		
5724	Zyfra IIOT Platform / Платформа промышленного интернета вещей	Средства управления производственными процессами (MES)	26.07.2019	ООО «ЦИФРА»	7704245507		
5174	Программный комплекс «Аммолит-Техно»	Средства управления производственными процессами (MES)	26.02.2019	ООО «СТМ»	1838026584	2018662692	09.03.2023
5089	Интеллектуальная платформа построения, анализа, преобразования цифровых прототипов	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM);	10.01.2019	ООО «БФГ ГРУПП»	1841065216		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
	производственных систем, включающая технологию поддержки принятия решений и технологию операционного управления производственной системой с быстрой реакцией.	Средства поддержки принятия решений (DSS)					
5014	Цифровая платформа ДатаПлат	Средства управления производственными процессами (MES); Интегрированные платформы для создания приложений; Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	03.12.2018	ООО «ИНФТЕХ»	7709346322		
4493	E5. Управление производством	Средства управления производственными процессами (MES)	16.04.2018	ЗАО «E5»	7736560607		
4488	АСУРЭО. Подсистема «Анализ»	Средства управления производственными процессами (MES)	16.04.2018	АО «СМС-АВТОМАТИЗАЦИЯ»	6312095785		
4487	АСУРЭО. Подсистема метрологии – ПК «Метролог»	Средства управления производственными процессами (MES)	16.04.2018	АО «СМС-АВТОМАТИЗАЦИЯ»	6312095785		
4045	WideTrack	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA); Средства обработки Больших Данных (BigData)	11.12.2017	ООО «ЭНЕРГОКРУГ	5835118403		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
3752	АСМО-диспетчер	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP)	23.07.2017	Акционерное общество «Информатика»	3731000788		
1978	Информационно-логистическая система ILSAR	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления бизнес-процессами (BPM); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/EPM); Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP); Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	08.10.2016	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СОФТМАСТЕРС»	4707027244		
1813	T-FLEX ОКП	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	06.09.2016	ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТОП СИСТЕМЫ»	7726601967		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
1787	СПРУТ-ОКП	Средства управления производственными процессами (MES); Средства финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами (ERP); Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	06.09.2016	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «СПРУТ-ТЕХНОЛОГИЯ»	1650301536		
962	TDMS	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства усовершенствованного управления технологическими процессами (APC, RTO)	20.05.2016	АО «СИСОФТ ДЕВЕЛОПМЕНТ»	7722570620		
642	1С:Предприятие 8. MES Оперативное управление производством	Средства управления производственными процессами (MES); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства управления бизнес-процессами (BPM)	29.04.2016	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «1С»	7709860400		
267	АСУРЭО. Подсистема «Оперативные заявки». Легкий клиент	Средства управления производственными процессами (MES)	02.04.2016	АО «СМС-АВТОМАТИЗАЦИЯ»	6312095785	2016610779	19.01.2016

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. рег-ции	Дата гос. рег-ции
264	Мониторинг готовности генерирующего и сетевого оборудования к выработке и передаче электроэнергии	Средства управления производственными процессами (MES)	02.04.2016	АО «СМС-АВТОМАТИЗАЦИЯ»	6312095785	2015613424	16.03.2015
263	Информационная среда мониторинга технологических процессов предприятия и корпорации ИНФОКОНТ	Средства управления производственными процессами (MES); Средства управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA)	02.04.2016	АО «СМС-АВТОМАТИЗАЦИЯ»	6312095785	2007612765	27.06.2007
262	Анализ срабатываний устройств РЗА	Средства управления производственными процессами (MES)	02.04.2016	АО «СМС-АВТОМАТИЗАЦИЯ»	6312095785	2009614505	24.08.2009

ГЛОССАРИЙ

Технологическое лидерство	–	технологическая независимость Российской Федерации, выражающаяся в разработке отечественных технологий и создании продукции с использованием таких технологий с сохранением национального контроля над критическими и сквозными технологиями на основе собственных линий разработки технологий в целях экспорта конкурентоспособной высокотехнологичной продукции и (или) замещения ею на внутреннем рынке продукции, создаваемой на базе устаревших и (или) иностранных технологий, а также превосходство таких технологий и продукции над зарубежными аналогами (*Федеральный закон Российской Федерации «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (от 12 декабря 2024 г.)*
Технологический суверенитет	–	наличие в стране (под национальным контролем) критических и сквозных технологий собственных линий разработки и условий производства продукции на их основе, обеспечивающих устойчивую возможность государства и общества достигать собственные национальные цели развития и реализовывать национальные интересы. Технологический суверенитет обеспечивается в 2 основных формах - исследования, разработка и внедрение критических и сквозных технологий (по установленному перечню) и производство высокотехнологичной продукции, основанного на указанных технологиях. Технологический суверенитет обеспечивается в том числе с опорой на устойчивое международное научно-техническое сотрудничество с дружественными странами *(«Концепция технологического развития на период до 2030 года», утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года № 1315-р)*
Цифровой двойник (DT)	–	Цифровой двойник изделия – система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями (*в соответствии с ГОСТ Р 57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование «Цифровые двойники изделий»*). Примечания: 1. Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия. 2. При создании и применении цифрового двойника изделия участникам процессов жизненного цикла (по ГОСТ Р 56135) рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников. Цифровая модель изделия – система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

		Для разработки цифрового двойника изделия создается многоуровневая система требований, которая позволяет проверять соответствие значений показателей, необходимых для удовлетворения требований к изделию, установленным диапазонам значений, а также анализировать их взаимное влияние. Достижение целевых показателей и (или) удовлетворение ресурсным ограничениям многоуровневой системы требований обеспечивается за счет проведения цифровых (виртуальных) испытаний изделия, его составных частей и материалов. Для создания цифровых моделей и (или) цифровых двойников, проведения цифровых (виртуальных) испытаний, применения результатов математического и компьютерного моделирования и организации совместной работы по созданию цифрового двойника изделия рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников.
Системы автоматизации инженерных расчетов (система инженерного анализа) (CAE)	–	Программные системы, позволяющие на основе математических моделей разных классов и уровней сложности (в самых общих случаях, описываемых нестационарными нелинейными уравнениями в частных производных) исследовать поведение материалов, физико-механических и технологических процессов, машин и конструкций на разных эксплуатационных режимах и в разных условиях эксплуатации с учетом внешних воздействий.
Средства автоматизированного проектирования (САПР) (CAD)	–	Система автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического моделирования и параметрического проектирования, позволяющая создавать чертежи, оформлять конструкторскую и технологическую документацию. См. также MCAD 2D, MCAD 3D.
Системы управления процессами и данными компьютерного моделирования (SPDM)	–	Среда (платформа), которая позволяет эффективно управлять конфигурацией данных моделирования, оптимизировать процессы, осуществлять совместную работу глобально распределенных команд, обеспечивать прозрачность и прослеживаемость и принимать решения по оптимизации продукта/изделия. Такие системы связывают входные и выходные данные программ препроцессинга, систем конечно-элементного анализа и программ обработки результатов вычислений (постпроцессинга), повышая степень автоматизации, обеспечивая прослеживаемость цифровых испытаний и улучшая процесс математического и компьютерного моделирования. SPDM-системы позволяют обеспечить прозрачность и контролируемость процесса разработки, принятие обоснованных решений; упрощают работу с результатами цифровых испытаний, включая цифровые испытания на цифровых испытательных стендах и полигонах, а также формирование отчетов.
Системы управления жизненным циклом изделия (PLM)	–	Программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции, позволяющее реализовать стратегический подход к ведению бизнеса, который использует набор совместимых технических решений для поддержки общего (коллаборативного)

		представления информации о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации, в среде расширенного предприятия – начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – при интеграции людских ресурсов, процессов и информации.
Системы управления производством (MES)	–	Система управления производственной деятельностью и ее оптимизации, которая в режиме реального времени планирует, инициирует, отслеживает, оптимизирует, документирует производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции.
Автоматизированные системы диспетчерского управления технологическими процессами и сбора данных (АСУ ТП) (SCADA)	–	Инструменты для разработки или обеспечения работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления (например, производственном объекте).
Средства виртуальной реальности (VR)	–	Комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств (очков и шлемов виртуальной реальности).
Средства дополненной реальности (AR)	–	Технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио- и иных представлений в режиме реального времени.
Технология машинного обучения (ML)	–	Программное обеспечение для реализации алгоритмов машинного обучения, внедряемое в целях повышения производительности при выполнении некоторого набора задач. Обучение осуществляется путем анализа применения решений множества сходных задач.
Технологии распределенного реестра (ТРР)	–	Распределенный реестр (distributed ledger) – реестр, который совместно используется набором нод (узлами сети или DLT-нод) и синхронизируется между данными узлами сети с использованием механизма консенсуса. Примечание: распределенный реестр спроектирован так, чтобы: (1) быть защищенным от несанкционированного доступа; (2) быть доступным только для добавления (записей); (3) быть неизменяемым (англ. immutable), содержащим подтвержденные и проверенные транзакции. Технология распределенного реестра (distributed ledger technology, сокр. DLT) – технология, позволяющая использовать распределенные реестры и управлять ими. Блокчейн, или блокчейны (blockchain/blockchains) – распределенный реестр с подтвержденными блоками, организованными в последовательную цепочку (блоков), созданный с использованием криптографических связей.

Системы математического моделирования (ММ)	–	Системы, обеспечивающие процесс математического моделирования как процесс исследования каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения, применения и изучения их математических моделей. Математическая модель – модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений. Примечание: процесс математического моделирования можно разделить на пять этапов: первый – формулирование законов, связывающих основные объекты модели; второй – исследование математических задач, к которым приводит математическая модель; третий – верификация модели; четвертый – валидация модели; пятый – последующий анализ модели в связи с накоплением данных об изучаемых явлениях и модернизация модели.
Системы управления данными об изделии (PDM)	–	Программное обеспечение, позволяющее управлять данными об изделии, включая сохранение данных об изделии в базах данных (прежде всего инженерных данных, таких как CAD-модели и чертежи, цифровые макеты (DMU), спецификации материалов (BOM) и др.). Метаданные содержат информацию о создателе файла и текущем статусе соответствующего компонента. Система PDM позволяет организовать совместный доступ к этим данным, обеспечивая их постоянную целостность, вносить необходимые изменения во все версии изделия, модифицировать спецификацию материалов, помогать конфигурировать варианты изделия. Система PDM в качестве интегрирующей подсистемы используется на протяжении всего жизненного цикла изделия в рамках концепции управления этим циклом (PLM). PDM-системы позволяют одновременно работать с инженерными данными, полученными от систем CAD, CAE, CAM и иных.
Автоматизированные системы диспетчерского управления технологическими процессами и сбора данных (АСУ ТП) (SCADA)	–	Инструменты для разработки или обеспечения работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления (например, производственном объекте).
Универсальные машиностроительные двумерные средства автоматизированного проектирования для создания чертежей (MCAD 2D)	–	Машиностроительные системы автоматизированного проектирования (САПР), применяемые в машиностроении (авиастроении, автомобилестроении, двигателестроении, энергомашиностроении, судостроении и пр.), производстве товаров народного потребления. Включают в себя разработку деталей, сборок и механизмов с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, средства автоматизированного проектирования двумерных объектов.
Универсальные машиностроительные двумерные средства	–	Машиностроительные системы автоматизированного проектирования (САПР), применяемые в машиностроении (авиастроении, автомобилестроении, двигателестроении,

автоматизированного проектирования для создания чертежей (MCAD 3D)		энергомашиностроении, судостроении и пр.), производстве товаров народного потребления. Включают в себя разработку деталей, сборок и механизмов с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования, средства автоматизированного проектирования трехмерных объектов.
Системы (платформы) промышленного интернета вещей (IIoT Platform)	–	Программное средство, обеспечивающее создание и управление сетями подключенных промышленных (производственных) объектов, оснащенных технологиями взаимодействия друг с другом и с окружающей средой, со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными через компьютерную сеть, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. History of Manufacturing Execution Systems (MES) | Mike Kalil. – URL: https://mikekalil.com/blog/history-of-manufacturing-execution-systems-mes/ (дата обращения: 22.11.2024)
2. An Introduction to Manufacturing Execution Systems (MES) – Technical Articles. – URL: https://control.com/technical-articles/an-introduction-to-manufacturing-execution-systems-mes/ (дата обращения: 22.11.2024)
3. Рынок систем управления производством-Размер, доля и рост. – URL: https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/manufacturing-execution-systems-market (дата обращения: 12.11.2024)
4. Global Manufacturing Execution Systems (MES) Market Size. – URL: https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/10/27/2543075/0/en/Global-Manufacturing-Execution-Systems-MES-Market-Size-Expanding-about-2X-to-Reach-USD-24-8-Billion-by-2028-BlueWeave-Consulting.html (дата обращения: 12.11.2024)
5. Manufacturing Execution Systems Market Size, Report 2033. – URL: https://www.precedenceresearch.com/manufacturing-execution-systems-market (дата обращения: 12.11.2024)
6. Manufacturing Execution Systems Market Size, Share & Trends [Latest]. – URL: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/manufacturing-execution-systems-mes-market-536.html (дата обращения: 12.11.2024)
7. Акции Siemens (SIEGn) — Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/equities/siemens (дата обращения: 12.11.2024)
8. Siemens (SIE.DE) – Revenue. – URL: https://companiesmarketcap.com/siemens/revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)
9. General Electric (GE) – Revenue. – URL: https://companiesmarketcap.com/general-electric/revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)
10. Доходы Дженерал Электрик (GE) — Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/equities/general-electric-income-statement (дата обращения: 12.11.2024)
11. Oracle – Oracle Announces Fiscal 2023 Fourth Quarter and Fiscal Full Year Financial Results. – URL: https://investor.oracle.com/investor-news/news-details/2023/Oracle-Announces-Fiscal-2023-Fourth-Quarter-and-Fiscal-Full-Year-Financial-Results/default.aspx (дата обращения: 12.11.2024)
12. Oracle (ORCL) – Revenue. – URL: https://companiesmarketcap.com/oracle/revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)
13. Акции Oracle (ORCL) — Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/equities/oracle-corp (дата обращения: 12.11.2024)

14. Honeywell (HON) – Revenue. – URL: https://companiesmarketcap.com/honeywell/revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)

15. Доходы Honeywell (HON) — Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/equities/honeywell-intl-income-statement (дата обращения: 12.11.2024)

16. Q4 2023 results | ABB. – URL: https://new.abb.com/news/detail/112166/q4-2023-results (дата обращения: 12.11.2024)

17. ABB (ABBN.SW) – Revenue. – URL: https://companiesmarketcap.com/abb/revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)

18. Акции ABB (ABBN) — Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/equities/abb-ltd (дата обращения: 12.11.2024)

19. Emerson Electric Company — Анализ выручки — NYSE:EMR // TradingView. – URL: https://ru.tradingview.com/symbols/NYSE-EMR/financials-revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)

20. Emerson (EMR) – Revenue. – URL: https://companiesmarketcap.com/emerson/revenue/ (дата обращения: 12.11.2024)

21. Акции Emerson (EMR) — Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/equities/emerson-elec (дата обращения: 12.11.2024)

22. Siemens global Website // siemens.com Global Website : fluidweb_home. – URL: https://www.siemens.com/global/en.html (дата обращения: 24.12.2024)

23. Top Companies in the Manufacturing Execution Systems (MES) Market: Key Market Players | ManufacturingTomorrow. – URL: https://manufacturingtomorrow.com/news/2024/10/08/top-companies-in-the-manufacturing-execution-systems-mes-market-key-market-players/23544 (дата обращения: 24.12.2024)

24. Siemens Search // siemens.com Search : fluidweb_home. – URL: https://www.siemens.com/global/en/search.html (дата обращения: 26.12.2024)

25. Информация о компании | Информация о SAP SE. – URL: https://www.sap.com/central-asia-caucasus/about/company.html (дата обращения: 26.12.2024)

26. SAP Manufacturing Execution. – URL: https://www.systema.com/portfolio/sap-manufacturing/sap-me (дата обращения: 29.11.2024)

27. About Us -Vernova's Software Business | GE Vernova. – URL: https://www.gevernova.com/software/about-us (дата обращения: 26.12.2024)

28. MES – Manufacturing Execution Systems | GE Vernova. – URL: https://www.gevernova.com/software/products/manufacturing-execution-systems (дата обращения: 28.11.2024)

29. About Oracle | Company Information | Oracle. – URL: https://www.oracle.com/corporate/ (дата обращения: 24.12.2024)

30. Oracle® Manufacturing Execution System for Discrete Manufacturing User's Guide. – URL: https://docs.oracle.com/cd/E18727_01/doc.121/e13057/T469821T469824.htm (дата обращения: 26.12.2024)

31. MES Solutions for Life Sciences | FactoryTalk | US // Rockwell Automation. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/operation-suite/mes/life-sciences.html (дата обращения: 28.11.2024)

32. О корпорации — Корпорация «Галактика». – URL: https://galaktika.ru/corp (дата обращения: 27.12.2024)

33. Фирма 1С. – URL: https://1c.ru/rus/firm1c/firm1c.htm (дата обращения: 26.12.2024)

34. 1С:MES Оперативное управление производством – О решении – Описание. – URL: https://solutions.1c.ru/catalog/mes (дата обращения: 26.12.2024)

35. Системы управления производством – Omega Production. – URL: https://omegasoftware.ru/ (дата обращения: 26.12.2024)

36. "Omega Production" – мы управляем производством!. – URL: https://omegasoftware.ru/systems/about (дата обращения: 26.12.2024)

37. Группа компаний АСКОН // АСКОН. – URL: https://ascon.ru/ascon-biznes-resheniya/ (дата обращения: 26.12.2024)

38. Система автоматизированного управления производством ГОЛЬФСТРИМ // АСКОН. – URL: https://ascon.ru/products/ (дата обращения: 26.12.2024)

39. Группа компаний «СиСофт» (CSoft) – СиСофт Девелопмент // Группа компаний «СиСофт» (CSoft) (www.csoft.ru). – URL: https://www.csoft.ru/vendors/csoft-development.html (дата обращения: 26.12.2024)

40. Группа компаний «СиСофт» (CSoft) – TechnologiCS 7.1 // Группа компаний «СиСофт» (CSoft) (www.csoft.ru). – URL: https://www.csoft.ru/soft/technologics/technologics-7.1.html (дата обращения: 26.12.2024)

41. Российский рынок АСУ ТП, 2019-2030 |J'son & Partners Consulting. – URL: https://json.tv/analytic/rossijskij_rynok_ASU_TP,_2019-2030_gg/ (дата обращения: 02.12.2024)

42. Fourth Industrial Revolution // World Economic Forum, 2024. – URL: https://www.weforum.org/focus/fourth-industrial-revolution/ (дата обращения: 22.11.2024)

43. Tech Trends For The Second Half Of 2024: What Stays And What Goes. – URL: https://www.forbes.com/councils/forbesbusinesscouncil/2024/07/15/tech-trends-for-the-second-half-of-2024-what-stays-and-what-goes/ (дата обращения: 05.11.2024)

44. McKinsey technology trends outlook 2024 | McKinsey. – URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech (дата обращения: 05.11.2024)

45. Top 3 MES and MOM Trends for 2024 | Automation World. – URL: https://www.automationworld.com/factory/digital-transformation/article/33019314/top-3-mes-and-mom-trends-for-2024 (дата обращения: 26.12.2024)

46. Правительство утвердило Концепцию технологического развития до 2030 года – 5.11.2024. – URL: http://government.ru/news/48570/ (дата обращения: 05.11.2024)

47. Generative AI in manufacturing lighthouses | McKinsey. – URL: https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-manufacturings-lighthouses-are-capturing-the-full-value-of-ai (дата обращения: 12.11.2024)

48. Lighthouses | Global Lighthouse Network. – URL: https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/lighthouses (дата обращения: 12.11.2024)

49. GE. – URL: https://www.ge.com/digital/blog/top-technologies-impacting-next-generation-mes (дата обращения: 12.11.2024)

50. Augmented reality integration into MES for connected workers – ScienceDirect. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584520302684 (дата обращения: 12.11.2024)

51. ZEISS Group: Combining process innovation and digital transformation to reshape manufacturing in a highly regulated environment. – URL: https://www.sap.com/asset/dynamic/2023/03/2cb2f73a-667e-0010-bca6-c68f7e60039b.html (дата обращения: 12.11.2024)

52. JF Fredericks Aero Watches Supplier Ratings Soar after Implementing Plex Smart Manufacturing Platform | Plex. – URL: https://www.plex.com/resources/jf-fredericks-aero-watches-supplier-ratings-soar-after-implementing-plex (дата обращения: 12.11.2024)

53. AI in 2024: Predictions from McKinsey and Deloitte // AI Tech Daily, 2024. – URL: https://medium.com/@aitechdaily/ai-in-2024-predictions-from-mckinsey-and-deloitte-c370d12eb366 (дата обращения: 22.11.2024)

54. Haier // Haier, 2024. – URL: https://www.haier.com/global/ (дата обращения: 22.11.2024)

55. LONGi // LONGi, 2024. – URL: https://www.longi.com/eu/ (дата обращения: 22.11.2024)

56. VitrA Karo // VitrA Karo, 2024. – URL: https://www.vitra.com.tr/karo-seramik-urunleri/ (дата обращения: 22.11.2024)

57. Снижаем затраты промышленного производства. – URL: https://datana.ru/solutions/mash/ (дата обращения: 26.12.2024)

58. SIMATIC IT | Siemens Software // Siemens Digital Industries Software. – URL: https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/simatic-it/ (дата обращения: 12.11.2024)

59. Industrial 5G – Siemens Global. – URL: https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/industrial-5g.html (дата обращения: 12.11.2024)

60. Data acquisition systems // Siemens Digital Industries Software. – URL: https://plm.sw.siemens.com/en-US/simcenter/simulation-test/data-acquisition-systems/ (дата обращения: 12.11.2024)

61. 5G Deployment in Heavy Machinery Manufacturing. – URL: https://www.advantech.com/en/resources/case-study/5g-deployment-in-heavy-machinery-manufacturing (дата обращения: 12.11.2024)

62. Будущее промышленности: долгосрочные тренды в области AR/VR – Управление ИТ | IT-World.ru. – URL: https://www.it-world.ru/cionews/business/216543.html (дата обращения: 12.11.2024)

63. How Augmented Reality and GE Digital's MES are Bringing Global Expertise to the Factory Floor | GE Digital. – URL: https://www.ge.com/digital/blog/how-augmented-reality-and-ge-digitals-mes-are-bringing-global-expertise-factory-floor (дата обращения: 12.11.2024)

64. Manufacturing execution system (MES) // Siemens Digital Industries Software. – URL: https://plm.sw.siemens.com/en-US/opcenter/manufacturing-execution-system-mes-capabilities/ (дата обращения: 12.11.2024)

65. Cloud MES: How manufacturing software is migrating to the cloud. – URL: https://iot-analytics.com/cloud-mes-how-manufacturing-software-is-migrating-to-the-cloud/ (дата обращения: 26.12.2024)

66. Top Technologies Impacting Next Gen MES. – URL: https://www.arcweb.com/blog/top-technologies-impacting-next-gen-mes (дата обращения: 12.11.2024)

67. Информационно-поисковая система // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – URL: https://www.fips.ru/iiss/ (дата обращения: 22.11.2024)

68. Реестр российского программного обеспечения // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. – URL: https://reestr.digital.gov.ru (дата обращения: 22.11.2024)

69. Приказ № 486 «Об утверждении классификатора программ для электронных вычислительных машин и баз данных» : // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. – URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/7362/ (дата обращения: 06.11.2024)

70. Ortems // Dassault Systèmes – 3.02.2023. – URL: https://www.3ds.com/products/delmia/ortems (дата обращения: 17.12.2024)

71. DELMIA ORTEMS 2024. – URL: https://memko.com.au/wp-content/uploads/2024/05/DELMIA-Ortems-2024-overview-1.pdf (дата обращения: 17.12.2024)

72. What's new in Opcenter Execution Discrete 2401 – Opcenter – 23.02.2024. – URL: https://blogs.sw.siemens.com/opcenter/whats-new-in-opcenter-execution-discrete-2401/ (дата обращения: 28.11.2024)

73. What's new in Opcenter Intelligence Cloud 2401 – Opcenter – 22.02.2024. – URL: https://blogs.sw.siemens.com/opcenter/whats-new-in-opcenter-intelligence-cloud-2401/ (дата обращения: 17.12.2024)

74. What's new in Opcenter Execution Process 2407 – Opcenter – 26.08.2024. – URL: https://blogs.sw.siemens.com/opcenter/opcenter-execution-process-2407/ (дата обращения: 17.12.2024)

75. What's new in Opcenter Execution Pharma 2411 – Opcenter – 11.12.2024. – URL: https://blogs.sw.siemens.com/opcenter/whats-new-in-opcenter-execution-pharma-2411/ (дата обращения: 17.12.2024)

76. The G2 on Mingo Smart Factory // G2. – URL: https://www.g2.com/products/mingo-smart-factory/reviews (дата обращения: 29.11.2024)

77. Sherwood A. New Product Releases – August 2024 // Mingo Smart Factory – 19.08.2024. – URL: https://www.mingosmartfactory.com/new-product-releases-august-2024/ (дата обращения: 28.11.2024)

78. A modern MES system to increase production efficiency – Queris // Queris - producer and supplier of IT systems for industry. – URL: https://queris.pl/en/mes-system/ (дата обращения: 28.11.2024)

79. kkcuca Queris MES system upgrade to version 3.51 // Queris - producer and supplier of IT systems for industry – 21.11.2023. – URL: https://queris.pl/en/queris-mes-system-upgrade-to-version-3-51/ (дата обращения: 28.11.2024)

80. Complete Modular Solution // Critical Manufacturing. – URL: https://www.criticalmanufacturing.com/mes-for-industry-4-0/complete-modular-solution/ (дата обращения: 28.11.2024)

81. Expect More from Your MES – Critical Manufacturing Releases V10 of its MES // Critical Manufacturing. – URL: https://www.criticalmanufacturing.com/press-releases/expect-more-from-your-mes-critical-manufacturing-releases-v10-of-its-mes/ (дата обращения: 28.11.2024)

82. Proficy Smart Factory MES 2024 | GE Vernova. – URL: https://www.gevernova.com/software/resources/webinar/proficy-smart-factory-mes-2024-0 (дата обращения: 28.11.2024)

83. Inc G. Oracle Fusion Cloud Enterprise Performance Management (EPM) Reviews, Ratings & Features 2024 | Gartner Peer Insights // Gartner – 2.12.2024. – URL: https://www.gartner.com/market/financial-planning-software/vendor/oracle/product/oracle-fusion-cloud-enterprise-performance-management-epm (дата обращения: 02.12.2024)

84. Oracle Fusion Cloud Manufacturing 24B What's New. – URL: https://www.oracle.com/webfolder/technetwork/tutorials/tutorial/cloud/r13/wn/mfg/releases/24B/24B-mfg-wn.htm#F31688 (дата обращения: 17.12.2024)

85. Key PharmaSuite Updates in 11.02.00 Release | Rockwell Automation | US // Rockwell Automation. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/pharmasuite-1102-release.html (дата обращения: 28.11.2024)

86. MES Manufacturing Execution System for Batch and Hybrid Processes. – URL: https://www.aveva.com/pt-br/products/manufacturing-execution-system/#features (дата обращения: 29.11.2024)

87. What a hybrid cloud manufacturing execution system means for manufacturing. – URL: https://www.aveva.com/en/perspectives/blog/what-a-hybrid-cloud-manufacturing-execution-system-means-for-manufacturing/ (дата обращения: 29.11.2024)

88. SAP ME 15.4 SP00 | SAP Help Portal. – URL: https://help.sap.com/docs/SAP_MANUFACTURING_EXECUTION/49f505a0615c490d82c0f0472e2e5c5a/490621050e7b4d90a09536433fa8824a.html?locale=en-US&version=15.4 (дата обращения: 29.11.2024)

89. The Industry's Leading Frontline Operations Platform // Tulip. – URL: https://tulip.co/ (дата обращения: 29.11.2024)

90. Introducing the Composable MES App Suite // Tulip. – URL: https://tulip.co/blog/introducing-the-composable-mes-app-suite/ (дата обращения: 29.11.2024)

91. What's New with Automations // Tulip. – URL: https://tulip.co/blog/automations-ga/ (дата обращения: 29.11.2024)

92. Introducing the Composable MES for Pharma // Tulip. – URL: https://tulip.co/blog/introducing-the-composable-mes-for-pharma/ (дата обращения: 29.11.2024)

93. MES Система купить в Москве — Разработка и внедрение MES систем управления производством в России // Комплекс IT продуктов «Диспетчер». – URL: https://intechnology.ru/produkty/dispetcher-mes/mes/ (дата обращения: 29.11.2024)

94. «Диспетчер»: новые функции патча к версии 3.4. – 20.08.2024. – URL: https://intechnology.ru/media/news/patch-versii-3-4/ (дата обращения: 29.11.2024)

95. РеMESло. – URL: https://rockitsoft.ru/remeslo (дата обращения: 29.11.2024)

96. 1С:MES Оперативное управление производством – О решении – Возможности. – URL: https://solutions.1c.ru/catalog/mes (дата обращения: 29.11.2024)

97. Айтеко. Решение DES.MES для автоматизации процессов управления непрерывным производством. – URL: https://www.i-teco.ru/promyshlennayaavtomatizatsiya/desmes/ (дата обращения: 29.11.2024)

98. Обновление ПО I-DS Цифровые сервисы за 2 квартал 2024 года. – URL: https://indusoft.ru/about/news/obnovlenie-po/obnovlenie-po-i-ds-tsifrovye-servisy-za-2-y-kvartal-2024-goda/ (дата обращения: 29.11.2024)

99. Цифровые сервисы I-DS. – URL: https://indusoft.ru/products/indusoft/tsifrovye-servisy-i-ds/ (дата обращения: 29.11.2024)

100. Manufacturing Execution Systems | FactoryTalk | US. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/operationsuite/mes.html (дата обращения: 28.12.2024)

101. «Галактика» подтвердила совместимость с новейшей версией российской СУБД Postgres Pro — Корпорация «Галактика». – URL: https://galaktika.ru/archives/40263 (дата обращения: 28.12.2024)

102. Gayanov V. Обновление СПРУТ-ОКП 7.3.5 // СПРУТКАМ - СПРУТ-Технология – 10.07.2024. – URL: https://sprut.ru/news/obnovlenie-sprut-okp-7-3-5-cloned/ (дата обращения: 28.12.2024)

103. ТЕХНОЛОДЖИ О. АО «СиСофт Девелопмент» сообщила о выпуске новой версии цифровой платформы. – URL: https://www.c-o-k.ru/market_news/ao-sisoft-development-soobschaet-o-vypuske-novoy-versii-cifrovoy-platformy (дата обращения: 29.11.2024)

104. Вышла новая версия MES-системы ГОЛЬФСТРИМ с российской системой защиты и поддержкой СУБД Postgres Pro // АСКОН. – URL: https://ascon.ru/news/2023/08/14/vyshla-novaya-versiya-mes-sistemy-golfstrim-s-rossijskoj-sistemoj-zashchity-i-podderzhkoj-subd-postgres-pro/ (дата обращения: 29.11.2024)

105. T-FLEX ОКП | Оперативно-календарное планирование (MES). – URL: https://www.tflex.ru/products/docs/page3/index.php (дата обращения: 29.11.2024)

106. Rockwell Automation completes acquisition of cybersecurity software and services company Verve Industrial Protection // Rockwell Automation, 2023. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-completes-acquisition-of-cybersecurity-software-and-services-company-Verve-Industrial-Protection.html (дата обращения: 22.11.2024)

107. Rockwell Automation signs agreement to acquire Verve Industrial Protection // Verve Industrial Protection, 2023. – URL: https://verveindustrial.com/resources/press-release/rockwell-automation-signs-agreement-to-acquire-verve-industrial-protection/ (дата обращения: 22.11.2024)

108. Rockwell Automation, Inc. completed the acquisition of Verve Industrial Protection for approximately $180 million // MarketScreener, 2023. – URL: https://www.marketscreener.com/quote/stock/ROCKWELL-AUTOMATION-INC-14277/news/Rockwell-Automation-Inc-completed-the-acquisition-of-Verve-Industrial-Protection-for-approximately-45249967/#:~:text=completed%20the%20acquisition%20of%20Verve%20Industrial%20Protection%20for%20approximately%20%24180%20million.,-November%2031%2C%202023&text=WhatsApp%20Telegram%20Copy-,Rockwell%20Automation%2C%20Inc.,Protection%20on%20October%2023%2C%202023. (дата обращения: 22.11.2024)

109. Manufacturing Execution Systems (MES) // Rockwell Automation. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/factorytalk/operationsuite/mes.html (дата обращения: 22.11.2024)

110. Rockwell Automation Announces Acquisition of Knowledge Lens // Rockwell Automation, 2023. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Announces-Acquisition-of-Knowledge-Lens.html (дата обращения: 22.11.2024)

111. Knowledge Lens. – URL: https://www.knowledgelens.com/index.html (дата обращения: 22.11.2024)

112. Rockwell Automation Expands Supply Chain Services in AVATA Acquisition // Rockwell Automation, 2021. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/rockwell-automation-acquires-avata.html (дата обращения: 22.11.2024)

113. Rockwell Automation Completes Acquisition of Plex Systems // Rockwell Automation, 2021. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-Completes-Acquisition-of-Plex-Systems.html (дата обращения: 22.11.2024)

114. Plex // Rockwell Automation. – URL: https://www.plex.com/ (дата обращения: 22.11.2024)

115. Rockwell Automation to Expand Industrial Cloud Software Offering with Acquisition of Plex Systems // Rockwell Automation, 2021. – URL: https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Rockwell-Automation-to-Expand-Industrial-Cloud-Software-Offering-with-Acquisition-of-Plex-Systems.html((дата обращения: 22.11.2024)

116. SAP Enters into Agreement to Acquire WalkMe, Driving Business Transformation by Enhancing the Customer Experience and Enriching SAP Business AI Offerings // SAP, 2024. – URL: https://news.sap.com/2024/06/sap-enters-agreement-to-acquire-walkme/ (дата обращения: 22.11.2024)

117. WalkMe to Join SAP // WalkMe, 2024. – URL: https://www.walkme.com/blog/walkme-to-join-sap/ (дата обращения: 22.11.2024)

118. SAP Further Expands Focus on Business Transformation with LeanIX Acquisition // SAP, 2023. – URL: https://news.sap.com/2023/09/leanix-acquisition-sap-expands-focus-business-transformation/ (дата обращения: 22.11.2024)

119. SAP LeanIX | Enterprise Architecture Transformation // SAP. – URL: https://news.sap.com/2023/09/leanix-acquisition-sap-expands-focus-business-transformation/ (дата обращения: 22.11.2024)

120. How LeanIX's André Christ took his Bonn-based startup into the big leagues // Sifted, 2023. – URL: https://sifted.eu/articles/leanix-sap-sale-andre-christ (дата обращения: 22.11.2024)

121. SAP Signavio | Business Process Transformation Suite // SAP Signavio | Business Process Transformation Suite. – URL: https://www.signavio.com/ (дата обращения: 13.11.2024)

122. SAP Completes Acquisition of Taulia | SAP News Center. – URL: https://news.sap.com/2022/03/sap-completes-acquisition-of-taulia/ (дата обращения: 13.11.2024)

123. SAP Completes Acquisition of Taulia // Taulia, 2022. – URL: https://taulia.com/company/news/press-releases/sap-completes-acquisition-of-taulia/(дата обращения: 13.11.2024).. – URL: https://taulia.com/company/news/press-releases/sap-completes-acquisition-of-taulia/ (дата обращения: 22.11.2024)

124. SAP SE (XTRA:SAP announced its intent to acquire an unknown majority stake in Taulia Inc. for approximately €700 million. – MarketScreener. – URL: https://www.marketscreener.com/quote/stock/SAP-SE-436555/news/SAP-SE-XTRA-SAP-announced-its-intent-to-acquire-an-unknown-majority-stake-in-Taulia-Inc-for-approx-37660441/ (дата обращения: 13.11.2024)

125. News S. SAP Acquires No-Code Development Pioneer AppGyver // SAP News Center – 11.02.2021. – URL: https://news.sap.com/2021/02/sap-acquire-appgyver/ (дата обращения: 13.11.2024)

126. AppGyver joins SAP. We are proud and excited to announce... | by Marko Lehtimaki | AppGyver. – URL: https://blog.appgyver.com/appgyver-joins-sap-2afe2d902645?gi=a8a5510bdcd9 (дата обращения: 13.11.2024)

127. Ogewell V. They Had the Mendix Partnership But Bought AppGyver: Why is Low-Code so Attractive to SAP? // Engineering.com – 17.02.2021. – URL: https://www.engineering.com/they-had-the-mendix-partnership-but-bought-appgyver-why-is-low-code-so-attractive-to-sap/ (дата обращения: 13.11.2024)

128. News S. SAP to Acquire Business Process Intelligence Company Signavio // SAP News Center – 27.01.2021. – URL: https://news.sap.com/2021/01/sap-to-acquire-signavio/ (дата обращения: 13.11.2024)

129. SAP Completes Acquisition of Signavio – SAP Signavio. – URL: https://www.signavio.com/news/sap-acquisition-signavio/ (дата обращения: 13.11.2024)

130. SAP is buying Berlin business process automation startup Signavio // TechCrunch, 2021. – URL: https://techcrunch.com/2021/01/27/sap-is-buying-berlin-business-process-automation-startup-signavio/ (дата обращения: 22.11.2024)

131. SAP SE is in talks to acquire German enterprise software company Signavio // Bloomberg, 2021. – URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-01-25/sap-is-said-in-talks-to-buy-apax-backed-cloud-startup-signavio (дата обращения: 22.11.2024)

132. SAP to Acquire Business Process Intelligence Company Signavio – SAP Signavio // SAP Signavio | Business Process Transformation Suite. – URL: https://www.signavio.com/news/signavio-joins-sap/ (дата обращения: 13.11.2024)

133. AVEVA™ System Platform | Schneider Electric Nederland. – URL: https://www.se.com/nl/nl/product-range/39294612-aveva-system-platform/#overview (дата обращения: 13.11.2024)

134. AVEVA announces the completion of its acquisition by Schneider Electric. – URL: https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2023/aveva-announces-the-completion-of-its-acquisition-by-schneider-electric/ (дата обращения: 13.11.2024)

135. Schneider Electric's Aveva acquisition closes – DCD. – URL: https://www.datacenterdynamics.com/en/news/schneider-electrics-aveva-acquisition-closes/ (дата обращения: 13.11.2024)

136. AVEVA and OSIsoft Combine Accelerating Digital Transformation of Industrial World // AVEVA, 2020. – URL: https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2020/aveva-and-osisoft-combine-accelerating-digital-transformation/ (дата обращения: 22.11.2024)

137. Industrial Software Market Leaders Introduce 'Performance Intelligence' to Create Industrial Software and Data Leadership // AVEVA, 2021. – URL: https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2021/aveva-and-osisoft-combine-to-unlock-the-potential-of-data-to-drive-increased-performance-for-industrial-organizations/ (дата обращения: 22.11.2024)

138. AVEVA's $5 Billion OSIsoft Acquisition Reshapes The Industrial Software Landscape. – URL: https://www.verdantix.com/insights/blogs/aveva-s-5-billion-osisoft-acquisition-reshapes-the-industrial-software-landscape (дата обращения: 13.11.2024)

139. Keysight Expands EDA Software Portfolio with Cliosoft Acquisition | Keysight. – URL: https://www.keysight.com/nl/en/about/newsroom/news-releases/2023/0223-pr23-025-keysight-expands-eda-software-portfolio-with-the-a.html (дата обращения: 13.11.2024)

140. Keysight Technologies, Inc. acquired ClioSoft, Inc. for $85 million. – MarketScreener. – URL: https://www.marketscreener.com/quote/stock/KEYSIGHT-TECHNOLOGIES-INC-18426374/news/Keysight-Technologies-Inc-acquired-ClioSoft-Inc-for-85-million-43079032/ (дата обращения: 13.11.2024)

141. List of Oracle's Acquisitions // Tracxn Technologies Limited, 2024. – URL: https://tracxn.com/d/acquisitions/acquisitions-by-oracle/__t-tGa-OUA-qFXTdhzCI2mRkGCUhf0fhI0sWDoXjH_9A0 (дата обращения: 22.11.2024)

142. GE Digital Will Acquire Opus One Solutions to Advance the Energy Transition // Business Wire, 2021. – URL: https://www.businesswire.com/news/home/20211221005380/en/GE-Digital-Will-Acquire-Opus-One-Solutions-to-Advance-the-Energy-Transition (дата обращения: 22.11.2024)

143. Aspen Technology Strengthens Ability to Help Customers Realize Maximum Business Value from Industrial Data with Acquisition of inmation Software // Aspen Technology. 2022. – URL: https://www.aspentech.com/en/resources/press-releases/aspentech-acquires-inmation (дата обращения: 22.11.2024)

144. Aspen Technology Announces the Acquisition of Camo Analytics AS // Aspen Technology, 2020. – URL: https://www.aspentech.com/en/resources/press-releases/aspen-technology-announces-the-acquisition-of-camo-analytics-as (дата обращения: 22.11.2024)

145. Быстрые отчеты и ExePlant объявляют о технологическом сотрудничестве.. – URL: https://www.omeg-a.ru/news/element.php?ID=2967 (дата обращения: 13.11.2024)

146. Индустриальный центр компетенций «Металлургия». – URL: https://ицк-металлургия.рф/ (дата обращения: 13.11.2024)

147. «Северсталь» и «Норникель» создадут открытый стандарт промышленного ИТ, подобный USB и Wi-Fi – CNews. – URL: https://www.cnews.ru/news/top/2024-03-01_severstal_i_nornikel (дата обращения: 13.11.2024)

148. «Северсталь» впервые представила систему интегрированного планирования на демодне ИЦК «Металлургия». – URL: https://severstal.com/rus/media/archive/severstal-vpervye-predstavila-sistemu-integrirovannogo-planirovaniya-na-demodne-itsk-metallurgiya-/ (дата обращения: 13.11.2024)

149. Нефтеавтоматика, Цифровая индустриальная платформа и Делайт 2000, объединили свои компетенции и впервые представят на выставке «Нефтегаз 2024» Центр управления производством. – URL: https://www.nefteavtomatika.ru/ru/company/news/nefteavtomatika-tsifrovaya-industrialnaya-platforma-i-delayt-2000-obedinili-svoi-kompetentsii-i-vper/ (дата обращения: 22.11.2024)

150. Консорциум «Рубин-Автоматизация» выходит на рынок автоматизированных систем управления – Control Engineering Russia. – URL: https://controleng.ru/rynok/rubin-avtomatizacija/ (дата обращения: 13.11.2024)

151. В 2024-м году система оперативного планирования производства получит обновленный интерфейс. – URL: https://mesfobos.ru/news/v-2024-m-godu-mes-fobos-poluchit-obnovlennyy-interfeys-/ (дата обращения: 13.11.2024)

152. Утверждены «дорожные карты» «Новое индустриальное программное обеспечение» и «Новое общесистемное программное обеспечение» – 13.11.2024. – URL: http://government.ru/news/47353/ (дата обращения: 13.11.2024)

153. Документы – Правительство России. – URL: http://government.ru/docs/ (дата обращения: 13.11.2024)

154. ЭТТОН-ЦЕНТР. – URL: https://rfrit.ru/2021_4 (дата обращения: 13.11.2024)

155. КЛЕВЕР. – URL: https://rfrit.ru/klever (дата обращения: 13.11.2024)

156. НПЦ "ПРУЖИНА". – URL: https://rfrit.ru/pruzhina (дата обращения: 13.11.2024)

157. САЙБЕРФИЗИКС. – URL: https://rfrit.ru/2022_52 (дата обращения: 13.11.2024)

158. ИРИДИУМ. – URL: https://rfrit.ru/iridium (дата обращения: 13.11.2024)

159. Case Study Meusburger. – URL: https://www.industrieinformatik.com/en/referenz/case-study-meusburger/ (дата обращения: 13.11.2024)

160. Using an automated management execution system to meet automotive requirements // Siemens Digital Industries Software. – URL: https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-estra-automotive-systems/ (дата обращения: 13.11.2024)

161. Andea & Tokai COBEX forge a strategic relationship to implement DELMIA Apriso MES. – URL: https://www.andea.com/resources/pr-news/tokai-cobex-partners-with-andea-to-implement-unified-manufacturing-operations-management-system/ (дата обращения: 13.11.2024)

162. Using digitalization to enhance sustainability by reducing consumption of paper, ink and energy // Siemens Digital Industries Software. – URL: https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-deoleo/ (дата обращения: 13.11.2024)

163. Deoleo pursues sustainability goals with Opcenter | Siemens Software. – URL: https://news-room.sw.siemens.com/en-US/deoleo-opcenter-sustainability/ (дата обращения: 13.11.2024)

164. Минпромторг | Минпромторг России. – URL: https://minpromtorg.gov.ru/ (дата обращения: 07.11.2024)

165. Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. – URL: http://fasie.ru/ (дата обращения: 07.11.2024)

166. Федеральная налоговая служба. – URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/ (дата обращения: 07.11.2024)

167. Домен наука и инновации. – URL: https://gisnauka.ru/ (дата обращения: 07.11.2024)

168. Как мы 8 лет создавали систему управления производственными процессами (MES) и что из этого вышло / Хабр. – URL: https://habr.com/ru/companies/severstal/articles/658619/ (дата обращения: 13.11.2024)

169. Почему проекты внедрения MES на пищевых предприятиях терпят фиаско? // Retail.ru. – URL: https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/konstanta-pochemu-proekty-vnedreniya-mes-na-pishchevykh-predpriyatiyakh-terpyat-fiasko/ (дата обращения: 13.11.2024)

170. Интеграция MES с системами управления. – URL: https://leantech.ai/integraciya-mes-s-sistemami-upravleniya (дата обращения: 13.11.2024)

171. Внедрение IT в промышленность: проблемы и решения. – URL: https://www.if24.ru/vnedrenie-it-v-promyshlennost-problemy-i-resheniya/ (дата обращения: 13.11.2024)

172. Moghaddam M., Cadavid M., Kenley C., Deshmukh A. Reference architectures for smart manufacturing: A critical review // Journal of Manufacturing Systems. – Vol. 49. – P. 215-225. – ISSN 02786125. – DOI 10.1016/j.jmsy.2018.10.006.

173. Александровна Богданова Полина, Михайлович Сахаров Дмитрий, Владимировна Васильева Татьяна ОБЗОР МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ // Инновационные аспекты развития науки и техники. – 2021. – Вып. 6. – С. 153-157.

174. Иванова Татьяна Леонидовна, Мызникова Мария Александровна Систематизация Методов И Инструментов Стратегического Управления Предприятием В Соответствии С Его Этапами В Условиях Неопределенности // Вестник Луганского Государственного Университета Имени Владимира Даля. – 2021. – Вып. 7 (49). – С. 107-112. – ISSN 2522-4905.

175. Zhao J., Jin F., Chen L., Zhou F., HAN Z., Liu Y., Wang W. Distributed industrial energy operation optimization platform automatically constructing intelligent models and algorithms –

1.12.2022. – URL: https://patents.google.com/patent/US20220382263A1/en (дата обращения: 28.12.2024)

176. Perlovsky L., Shkodyrev V. Physics of Mind – A Cognitive Approach to Intelligent Control Theory // Cyber-Physical Systems and Control : T. 95.; ред. Dmitry G. Arseniev, Ludger Overmeyer, Heikki Kälviäinen, Branko Katalinić. – Cham : Springer International Publishing, 2020. – ISBN 978-3-030-34982-0. – URL: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-34983-7_2 (дата обращения: 25.12.2024)

177. Musen M. The protégé project: a look back and a look forward // AI Matters. – 16.06.2015. – Vol. 1. – Issue 4. – P. 4-12. – ISSN 2372-3483. – DOI 10.1145/2757001.2757003.

178. Оглы Рустамов Ариф Рашад, Михайлович Пеньков Григорий, Геннадьевич Петраков Дмитрий, Кызы Рустамова Махсати Акиф Современные методы применения машинного обучения как инструмента прогнозирования добычи нефти // Недропользование. – 2024. – Т. 24. – Вып. 1. – С. 44-50. – ISSN 2224-9923.

179. АКСЁНОВА Е.А. , ФГБОУ ВО «ДОНАУИГС» ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ – 20.07.2023. – DOI 10.5281/ZENODO.8167563. – URL: https://zenodo.org/record/8167563 (дата обращения: 25.12.2024)

180. Paul M., Krishnaswamy S. System and method to enable prediction-based power management – 19.09.2019. – URL: https://patents.google.com/patent/US20190286215A1/en (дата обращения: 25.12.2024)

181. RIMINI N., ADRIAN D. Method and system for energy consumption prediction – 26.10.2017. – URL: https://patents.google.com/patent/WO2017183029A1/en (дата обращения: 26.12.2024)

182. Hallén M., Åstrand M., Sikström J., Servin M. Reinforcement Learning for Grinding Circuit Control in Mineral Processing // 2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) : – ISBN 10.1109/ETFA.2019.8869212. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8869212 (дата обращения: 25.12.2024)

183. He D., LIANG J., YIN Z., Liu Y. Fluid management apparatus and heat management system – 1.11.2023. – URL: https://patents.google.com/patent/EP4269167A1/en (дата обращения: 25.12.2024)

184. Fedorov A. Evaporation-enhanced thermal management devices, systems, and methods of heat management – 26.02.2009. – URL: https://patents.google.com/patent/US20090050294A1/en (дата обращения: 25.12.2024)

185. VENNE J. Systems and methods of optimizing HVAC control in a building or network of buildings – 24.10.2023. – URL: https://patents.google.com/patent/US11796205B2/en (дата обращения: 25.12.2024)

186. Scholz N., Scheuerlein K. Heat recovery method and use thereof – 12.08.1998. – URL: https://patents.google.com/patent/EP0858145A2/en (дата обращения: 25.12.2024)

187. Nasini E., Santini M., Bellantone F., Chiesi F. System and method for waste heat recovery – 1.12.2023. – URL: https://patents.google.com/patent/IL280666B2/fr (дата обращения: 26.12.2024)

188. Mehraj N., Mateu C., Cabeza L. Use of artificial intelligence methods in designing thermal energy storage tanks: A bibliometric analysis // Journal of Energy Storage. – Vol. 97. – Article 112794. – ISSN 2352152X. – DOI 10.1016/j.est.2024.112794.

189. Vannoni A., Sorce A., Traverso A., Fausto Massardo A. Techno-economic optimization of high-temperature heat pumps for waste heat recovery // Energy Conversion and Management. – Vol. 290. – Article 117194. – ISSN 01968904. – DOI 10.1016/j.enconman.2023.117194.

190. Thermal design and optimization of high-temperature heat pump integrated with district heating benchmarked in Denmark for process heat supply / M. Sadeghi, T. Petersen, Z. Yang, B. Zühlsdorf, K. Madsen // International Journal of Refrigeration. – Vol. 159. – P. 356-370. – ISSN 01407007. – DOI 10.1016/j.ijrefrig.2023.12.025.

191. Verma V., Sorathiya V., Sonowal G., Reddy M. Hybrid optimization for integration of renewable energy systems into smart grids // Measurement: Sensors. – Vol. 33. – Article 101170. – ISSN 26659174. – DOI 10.1016/j.measen.2024.101170.

192. Mamidala S., Mohan G., Veeramani C. Hybrid renewable energy resources accuracy, techniques adopted, and the future scope abetted by the patent landscape – a conspicuous review // Energy Harvesting and Systems. – 8.11.2023. – Vol. 10. – Issue 2. – P. 213-228. – ISSN 2329-8774, 2329-8766. – DOI 10.1515/ehs-2022-0043.

193. Moorman D. Hybrid generator system and method of operation and control – 12.03.2024. – URL: https://patents.google.com/patent/US11929636B2/en (дата обращения: 26.12.2024)

194. The solar end game: bibliometric analysis, research and development evolution, and patent activity of hybrid photovoltaic/thermal—phase change material / M. Abdul Jabar, R. Srivastava, N. Abdul Manaf, S. Thangalazhy-Gopakumar, F. Ab Latif, M. Luu, A. Abbas // Environmental Science and Pollution Research. – 24.05.2023. – Vol. 30. – Issue 55. – P. 116934-116951. – ISSN 1614-7499. – DOI 10.1007/s11356-023-27641-7.

195. Dehghani F., Shafiyi M. Integration of hybrid renewable energy sources with the power system considering their economic complementarity // IET Renewable Power Generation. – Vol. 17. – Issue 15. – P. 3638-3650. – ISSN 1752-1416, 1752-1424. – DOI 10.1049/rpg2.12871.

196. Murphy C., Harrison-Atlas D., Grue N., Mosier T., Gallego-Calderon J., Elliott S. Complementarity of Renewable Energy-Based Hybrid Systems – 25.04.2023. – URL: https://www.osti.gov/servlets/purl/1972008/ (дата обращения: 26.12.2024)

197. An architecture based on RAMI 4.0 to discover equipment to process operations required by products / M. Pisching, M. Pessoa, F. Junqueira, D. Dos Santos Filho, P. Miyagi // Computers & Industrial Engineering. – Vol. 125. – P. 574-591. – ISSN 03608352. – DOI 10.1016/j.cie.2017.12.029.

198. An ontology self-learning approach for CNC machine capability information integration and representation in cloud manufacturing / Y. Zhao, Q. Liu, W. Xu, H. Yuan, P. Lou // Journal of Industrial Information Integration. – Vol. 25. – Article 100300. – ISSN 2452414X. – DOI 10.1016/j.jii.2021.100300.

199. Yee Chong A., Mahmoud M., Lim F., Kasim H. Description for Smart Grid: Towards the Ontological Approach // 2020 8th International Conference on Information Technology and Multimedia (ICIMU) : – Selangor, Malaysia : IEEE, 24.08.2020. – Description for Smart Grid. – ISBN 978-1-72817-310-8. – ISBN 10.1109/ICIMU49871.2020.9243313. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9243313/ (дата обращения: 26.12.2024)

200. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ОНТОЛОГИЙ НАУЧНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ / Загорулько Юрий Алексеевич, Сидорова Елена Анатольевна, Загорулько Галина Борисовна, Ахмадеева Ирина Равильевна, Серый Алексей Сергеевич // Онтология проектирования. – 2021. – Т. 11. – Вып. 4 (42). – С. 500-520. – ISSN 2223-9537.

201. Schlenoff C., Gruninger M., Tissot F., Valois J., Lee J. The Process Specification Language (PSL) overview and version 1.0 specification – 2000. – URL: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir6459.pdf (дата обращения: 26.12.2024)

202. Gruber T. A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge Acquisition. – Vol. 5. – Issue 2. – P. 199-220. – ISSN 10428143. – DOI 10.1006/knac.1993.1008.

203. A SAREF Extension for Semantic Interoperability in the Industry and Manufacturing Domain / L. Daniele, M. Punter, C. Brewster, R. García Castro, M. Poveda, A. Fernández // Enterprise Interoperability :; ред. Martin Zelm, Frank-Walter Jaekel, Guy Doumeingts, Martin Wollschlaeger. – 1. Wiley, 30.10.2018. – ISBN 978-1-119-56403-4. – URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119564034.ch25 (дата обращения: 26.12.2024)

ИЗДАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СПБПУ

Тренды и сценарии развития рынка систем расширенного планирования производства (APS-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, С.Н. Гудырин, А.В. Морозов, А.В. Чеславский, И.Б. Гиндин, А.М. Шакин, А.Р. Залыгин, Н.И. Прытков, А.М. Трапезникова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 112 с.

Исследование рынка цифровых платформ для оптовой торговли в странах БРИКС и Ближнего Востока. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.Т. Хуторцова, А.А. Корчевская, Е.Н. Дьяченко, Н.И. Прытков, А.М. Трапезникова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 144 с.

Перспективы и сценарии развития новых материалов в рамках направления «Технет» НТИ в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин, Н.И. Прытков, А.М. Трапезникова, О.В. Толочко, И.А. Кобыхно, Е.В. Бобрынина; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 184 с.

Функциональные характеристики отечественных систем автоматизированного проектирования (CAD-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 214 с.

Функциональные характеристики отечественных систем инженерного анализа (CAE-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.]. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 228 с.

Функциональные характеристики отечественных систем управления оборудованием с числовым программным управлением (CAM-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 188 с.

Функциональные характеристики отечественных систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 174 с.

Направления и формы сотрудничества отечественных разработчиков индустриального программного обеспечения с системой образования. Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на апрель 2024 года): монография / А.И. Боровков, ОИ. Рождественский, Е.И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 132 с.

Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Е.Р. Мартынец, Л.А. Щербина, Н.И. Прытков, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 204 с.

Тренды и сценарии развития рынков решений в области цифровой трансформации промышленных компаний в рамках направления «Технет» НТИ в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Н.И. Прытков, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 116 с.

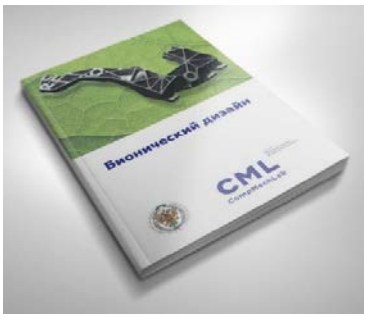
Тренды и сценарии развития рынков, относящихся к «цифровой фабрике», по направлению «Технет» НТИ в условиях новой экономической реальности. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Н.И. Прытков, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 108 с.

Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: монография / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина, Е.Р. Мартынец, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, К.В. Кукушкин, А.А. Гамзикова; под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 492 с.

Цифровые двойники: вопросы терминологии / А.И. Боровков, А.А. Гамзикова, К.В. Кукушкин, Ю.А. Рябов. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 28 с.

Передовые производственные технологии: возможности для России. Экспертно-аналитический доклад: монография / А.И. Боровков, К.В. Кукушкин, А.А. Корчевская, А.Т. Хуторцова, Л.А. Щербина, Ю.А. Рябов, С.В. Салкуцан, Е.О. Касяненко, И.С. Метревели, К.О. Вишневский, Ю.В. Туровец, М.С. Липецкая, Д.В. Санатов, Н.С. Андреева, Е.А. Римских, В.А. Пастухов, Н.В. Гоголь, М.А. Королькова под ред. А.И. Боровкова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 436 с.

Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года): монография / А.И. Боровков, А.А. Гамзикова, К.В. Кукушкин, Ю.А. Рябов. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 62 с.



Бионический дизайн: монография / А.И. Боровков, В.М. Марусева, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92 с.

Современное инженерное образование / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.

Компьютерный инжиниринг / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин, М.П. Мельникова, А.А. Михайлов, А.С. Немов, В.А. Пальмов, Е.Н. Силина – СПб.: Изд-во Политехн. ун та, 2012. – 93 с.

ОБ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ЦЕНТРЕ НТИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» СПБПУ

Инфраструктурный центр НТИ по направлению «Технет» СПбПУ (далее – Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ) создан в ноябре 2022 года по итогам конкурсного отбора инфраструктурных центров направлений Национальной технологической инициативы (НТИ).

Деятельность Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ направлена на поддержку проектов, популяризацию технологий, разработку нормативных правовых актов, а также проведение аналитических исследований, в том числе в области цифровой трансформации промышленных компаний.

Программа Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ реализуется с целью формирования и развития институциональной среды, обеспечивающей устойчивое формирование комплекса ключевых компетенций, обеспечивающих интеграцию отечественных передовых производственных технологий (ППТ) и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фабрик Будущего» первого и последующего поколений и нацеленных на создание глобально конкурентоспособной кастомизированной / персонализированной продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности в контексте национальных стратегических приоритетов импортонезависимости и технологического суверенитета РФ.

Достижению поставленной цели способствует выполнение следующих задач:

1. Поэтапное совершенствование нормативной правовой базы в целях устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения.
2. Развитие системы профессиональных сообществ и популяризация Национальной технологической инициативы.
3. Организационно–техническая и экспертно-аналитическая поддержка, информационное обеспечение Национальной технологической инициативы.
4. Создание механизмов акселерации компаний Национальной технологической инициативы и механизмов экспортного продвижения создаваемых продуктов.

Боровков Алексей Иванович
Рождественский Олег Игоревич
Павлова Елизавета Ивановна
Поняева Ирина Игоревна
Кайданова Алина Хоповна
Чхеидзе Екатерина Павловна
Старостенко Анастасия Андреевна
Распопина Полина Станиславовна
Голякевич Артём Сергеевич
Чварков Сергей Анатольевич
Луковникова Наталья Михайловна
Андреев Иннокентий Борисович
Ольховик Александра Олеговна
Джелали Полина Александровна
Кукушкин Кузьма Викторович
Шкодырев Вячеслав Петрович
Хохловский Владимир Николаевич
Башкирова Елена Алексеевна
Диб Али
Жан-Зууаи Поль
Скогликов Иван Александрович
Бевз Игорь Викторович
Чавелипарамбил Джаян Ядхукришнан

АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ (MES-СИСТЕМ) В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНЕТ» НТИ

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Монография

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать 27.12.2024. Формат 60×84/8. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 26,0. Тираж 100. Заказ 0556.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного авторами,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.