

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ  
Учебно-научный центр «Информационная безопасность»

*На правах рукописи*

Пономарева Ольга Алексеевна

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ХРАНИЛИЩ  
ГЕТЕРОГЕННЫХ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации

ДИССЕРТАЦИЯ  
на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
Поршнеv Сергей Владимирович

Екатеринбург – 2021

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. Анализ состояния предметной области. Постановка задачи исследования .....	9
1.1. Проблемы интеграции разнородных данных .....	9
1.2. Анализ методов интеграции данных с точки зрения их применимости для создания единого ХГД МП .....	15
1.3. Оценка применимости известных моделей, технологий хранения и доступа к данным для создания единого ХГД МП .....	18
1.4. Постановка задач исследования .....	21
ГЛАВА 2. Системный анализ информационных потоков металлургического производства.....	23
2.1. Информационная модель металлургического производств .....	23
2.2. Обоснование выбора источников информации на этапе процессов производства непрерывно литых заготовок.....	28
2.3. Разрозненность информации, как проблема для решения задач контроля качества продукции металлургического производства .....	34
2.4. Выводы по второй главе.....	43
ГЛАВА 3. Методология разработки единого ХД МП .....	44
3.1. Разработка информационных моделей плана производства, готовой продукции, единицы продукции МП .....	44
3.2. Разработка онтологических моделей плана производства, готовой продукции, единицы продукции МП .....	55
3.3. Разработка логической структуры ХГД МП.....	66
3.4. Обоснование выбора технологии разработки единого ХГД МП.....	79
3.5. Методология структурного синтеза единого ХГД промышленного предприятия ....	82
3.6. Выводы.....	83
Глава 4. Разработка модуля ХГД МП как части системы АС ВМП.....	84
4.1. Описание Автоматизированной Системы Выпуска Металлургической Продукции .	84
4.2. Проблема выполнения запросов к единому ХГД МП, выявленные на этапе тестирования, и способ их решения.....	94

4.3. Программные инструменты, обеспечивающие работоспособность ХГД МП .....	103
4.4. Методика тестовых испытаний модуля ХГД МП .....	107
4.5. Результаты испытаний ПО модулей ХГД МП и КЗ .....	113
4.6. Вывод по четвертой главе .....	121
Заключение .....	123
Перечень сокращений и обозначений .....	124
Список литературы .....	125
Приложение 1. Перечень регистрируемых параметров для подсистемы доставки данных КП .....	132
Приложение 2. Перечень регистрируемых параметров прокатки и слежения за металлом на линии стана 2000 .....	145
Приложение 3. Перечень параметров сляба .....	153
Приложение 4. Технические требования к результатам выполнения комплексного проекта .....	157
Приложение 5. Копии актов об использовании результатов диссертационного исследования .....	178

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования и степень ее разработанности.**

В современных условиях для управления бизнес-процессами каждого современного промышленного производства используют различные информационные системы (ИС), которые призваны решать, как задачи управления технологическим оборудованием, используемого для производства продукции, так и задачи сбора, хранения и анализа разнородной информации. Как правило, промышленные ИС по укрупненной классификации [1] разделяются на: АСУ ТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами), MES-системы (Manufacturing Execution System) – автоматизированные системы управления производственной деятельностью предприятия в режиме реального времени, ERP-системы (Prise Resource Planning), обеспечивающие автоматизацию планирования, учета, контроля и анализа каждого бизнес-процесса промышленного предприятия. При этом оказывается, что каждая из данных типов ИС имеет собственные, уникальные, источники информации, а также скорость генерации информации и структуру информации. Указанная особенность источников информации и ее структуры определяют необходимость использования в каждой их ИС собственного хранилища данных (ХД) [2].

В результате информация о жизненном цикле одной и той же единице продукции (ЕП) промышленного производства, которая необходима для решения задач управления, оптимизации бизнес-процессов, выявления и устранения причин брака, оказывается размещенной в нескольких автономных ХД. Таким образом, возникает проблема поиска информации, релевантной решаемой задаче, которая хранится, одновременно, в нескольких автономных ХД. При этом дополнительные трудности возникают в связи с тем, что в большинстве случаев информация, хранящаяся в ХД одной ИС оказывается не синхронизованной во времени с информацией, хранящейся в ХД в другой ИС. Перечисленные выше проблемы, связанные с вынужденным распределением технологической информации по нескольким автономным ХД, и необходимости организации в этой связи информационного взаимодействия между различными ИС, в полной мере присущи современному металлургическому производству (МП), на котором реализуется полный жизненный цикл продукции: руда-чугун-сталь-металлопрокат, а также, при необходимости, утилизация продукции МП, что, закономерно, приводит к динамическому изменению структуры технологической информации, соответствующей ее текущему состоянию, на каждом из этапов ЖЦ продукции МП.

Выход из сложившейся ситуации достаточно очевиден – необходимо разработать универсальное ХД, пригодное для хранения технологической информации, создающейся в

процессе производства продукции промышленного предприятия, которое позволит хранить, извлекать и анализировать информацию, структура которой принципиально разнородна и может изменяться с течением времени. При этом, понятно, что решить существующие проблемы удастся, если создать единое ХД промышленного производства, в котором будет храниться вся технологической информации о состоянии продукции промышленного предприятия на каждом из этапов ее ЖЦ, привязанная ко времени.

Для создания единого ХД промышленного производства необходимо решить многочисленные проблемы интеграции разнородных и, зачастую, несогласованных друг с другом, создаваемых разнородными источниками, работающими на различных физических принципах и обеспечивающим различный темпы генерации информации, которые далее мы будем называть гетерогенными данными (ГТ), соответственно единое ХД – хранилищем гетерогенных данных (ХГД).

Анализ работ, посвященных различным аспектам разработки ХД и проблемам интеграции разнородных данных, показал, что сегодня для создания ХД разработана теоретическая база, в том числе:

- реляционные модели данных [3-8];
- объектно-ориентированные модели данных [9-13];
- темпоральные модели данных [14-15],

существуют технологии, предназначенные для создания различных ХД, в том числе:

- технология транзакционной организации записи OLTP (Online Transaction Processing); предназначенная для ХД с заранее выбранной и далее не модифицируемой структурой хранения данных [16];

- технология OLAP (Online Analytical Processing), ориентированная на хранение большого объема структурированных данных, относящихся к определенной предметной области [17];

- технология Oracle Streams [18], предназначенная для интеграции данных, обмена данными и сообщениями с помощью механизма Advanced Queuing [19] в однородной среде и гетерогенных средах;

а также разработан ряд методов интеграции разнородных данных, в том числе:

- интеграции на уровне брокеров [20];
- интеграции на уровне интерфейсов (физических, программных и/или пользовательских) [21- 23];
- интеграции на функционально-прикладном и организационном уровнях [24];
- интеграции на функционально-прикладном и организационном уровнях [24];

- интеграции на уровне корпоративных программных приложений [26;27]
- интеграции при помощи Web-сервисов [24-27];
- интеграции на уровне данных [21];
- интеграции на уровне сервисов [26];
- интеграции на уровне пользователя [27],

которые сегодня представлены в соответствующем сегменте рынка программного обеспечения, в виде соответствующих программных инструментов, встроенных, в том числе, такие популярные сегодня системы управления базами данных (СУБД), как Oracle, MS SQL и др.

Однако, несмотря на существенный прогресс в области ХД Российской Федерации и методов интеграции разрозненных данных, как показали результаты анализа ИС и ХД, используемых на МП, на момент начала исследования не было создано единого ХГД МП. Данная ситуация, с нашей точки зрения, обусловлена, в первую очередь, отсутствием методологии структурного синтеза ХГД, под которой мы понимаем совокупность моделей (структурные модели информационных потоков промышленного производства; информационные и онтологические модели источников информации) и технологии разработки ХГД, выбор которых должен базироваться на результатах системного анализа выбранного промышленного производства и соответствующих информационных потоков.

**Основной целью** исследования является разработка методологии структурного синтеза ХГД и ее апробация на примере МП.

Для достижения цели исследования требуется решить следующие задачи:

1. Проанализировать методы интеграции разнородных данных, технологий хранения и доступа к разнородным данным, их современное состояние, условия сознание единого хранилища разнородных данных.
2. Обосновать гетерогенную природу данных производственных процессов многоэтапного промышленного предприятия, анализ которых позволит решать задачи управления качеством продукции.
3. Разработать универсальную методологию структурного синтеза единого ХГД, провести системный анализ технологических процессов, обосновать применение информационных сущностей «План производства», «Готовая продукция», «Единица продукции», привести их онтологическое описание, разработать логическую структуру единого ХГД и обосновать выбор технологии создания единого ХГД, которая обеспечит реализацию логической структуры ХГД.
4. Разработать и провести тестирование модуля ХГД МП, как части Автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП).

### **Объект исследования**

Методы интеграции гетерогенных данных, создаваемых в процессе промышленного производства.

### **Предмет исследования**

Информационные и онтологические модели источников данных МП.

### **Научная новизна:**

1. Обоснована сущность ГП МП, которая состоит из двух сущностей <ПП, ЕП>.
2. Разработана структурная схема сущностей ГП, ПП, ЕП, а также информационная и онтологическая модели источников данных, что обеспечивает возможность структурного синтеза ХГД МП.
3. Разработана научно обоснованная методология структурного синтеза ХГД промышленных предприятий.

**Теоретическая значимость** диссертационного исследования заключается в: разработке методологии структурного синтеза единого ХГД МП, включающей в себя структурные модели информационных потоков МП; информационные и онтологические модели источников информации МП; синтезированную логическую структуру ХГД МП и обоснованно выбранную технологию разработки ХГД, которую можно тиражировать на других промышленных предприятиях;

**Практическая значимость** диссертационного исследования заключается в: разработке на основе созданной методологии синтеза ХГД МП программного модуля «ХГД МП», как составной части системы выпуска металлургической продукции, и подтверждении его работоспособности результатами тестовых испытаний.

Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167).

**Методология и методы исследования.** В работе использованы методы системного анализа и структурного синтеза, информационного и онтологического моделирования.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разработанная информационная модель ГП МП позволяет решить задачу структурного синтеза ХГД МП.
2. Разработанная методология структурного синтеза ХГД МП является универсальной и может быть использована на других промышленных предприятиях.
3. Разработанные программные инструменты управления ХГД МП, обеспечивают его функционирование в составе АСВМП и работоспособность системы в целом

**Достоверность результатов исследования** подтверждается использованием математических методов, адекватным задачам исследования, а также результатами тестовых испытаний модуля «ХГД МП».

**Внедрение результатов диссертационного исследования.** Результаты диссертационного исследования используются в Уральском федеральном университете имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия (акт об использовании результатов от 20.08.2021); в АО «Ай-Теко», Москва, Россия (акт об использовании результатов от 01.09.2021); в ООО «Октоника», Екатеринбург, Россия (акт об использовании результатов от 10.09.2021).

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях: Международные научно-технические конференции «ДИНАМИКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ И МАШИН» (Омск, 2016, 2017); Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology – USBEREIT (Екатеринбург, 2018- 2020); НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР (Томск, 2018); International Conference on Applied Mathematics and Computational Science - ICAMCS (Budapest, Hungary, 2018); International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies - FarEastCon (Владивосток, 2019); Межвузовская конференция «ЗАДАЧИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ» (Москва, онлайн, 26 октября 2020), III международная студенческая научная конференция «Инновационные механизмы управления цифровой и региональной экономикой» (Москва, онлайн, 17-18 июня 2021).

**Личный вклад** автора состоит в проведении системного анализ информационных потоков МП, разработке информационных и онтологических моделей ГД МП, логической структуры ХГД МП, методологии структурного синтеза ХГД, участие в разработке методики тестирования модуля ХГД МП и его проведении.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 11 статей опубликованы в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 9 статей в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах Scopus и Web of Science.

**Структура и объем диссертации** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 102 наименований, содержит 57 рисунка и 24 таблиц. Основной текст работы составляет 131 страницу, приложения составляют 49 страниц. Общий объем – 180 страниц.

# ГЛАВА 1. Анализ состояния предметной области. Постановка задачи исследования

## 1.1. Проблемы интеграции разнородных данных

Сегодня на предприятии используются различные информационные системы (ИС), относящиеся по укрупненной классификации [1] к крупным интегрированным системам: АСУ ТП, MES – системы, ERP-системы (Рисунок 1.1.).

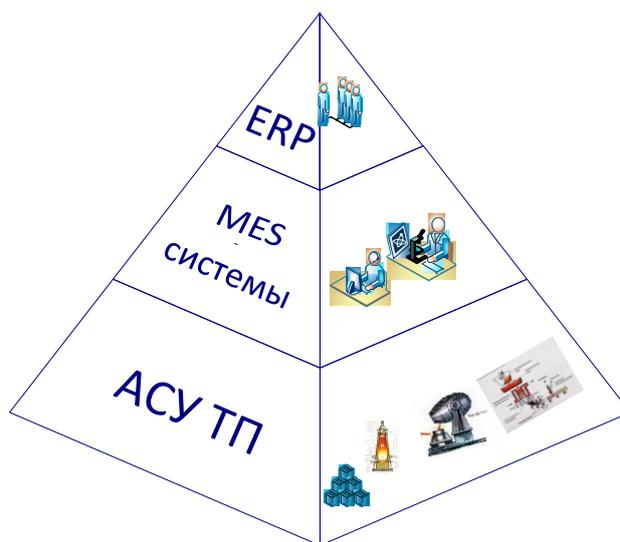


Рисунок 1.1. Классификация ИС, используемых для управления промышленным предприятием

АСУ ТП осуществляет управление, динамический контроль параметров технологических процессов, а также своевременное и эффективное предотвращение аварийных ситуаций, удаленное управление производством в режиме реального времени [18-21]. Информация в АСУ ТП представляет собой данные о параметрах технологических процессов (температура, давление, расход жидких и сыпучих веществ и т.д.). Принимая во внимание высокий темп поступления данных на уровне АСУ ТП в сравнении с ERP-системами будем называть данный вид информации «динамическим».

MES-систем используются для управления производственной деятельностью предприятия в режиме реального времени. Они обеспечивают: управление ресурсами производства; документами о порядке выполнения каждой производственной операции; отслеживается состояние оборудования в режиме реального времени, обеспечивает оперативное и детальное планирование работы, основанное на приоритетах, атрибутах, характеристиках и свойствах конкретного вида продукции, текущий мониторинг и диспетчеризацию процесса производства, отслеживая выполнение операций, занятость

оборудования и людей, выполнение заказов, объемов, партий и контролирует в реальном времени выполнение работ в соответствии с планом. MES-система также обеспечивает информационное взаимодействие различных производственных подсистем, используемых для получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия [28-31]. Данные о ходе производства могут вводиться как вручную персоналом, так и автоматически с заданной периодичностью из АСУ ТП или непосредственно с производственных линий. Данный тип информации будем называть «квазистатической» информацией

ERP система ИС предприятия, которая обеспечивает автоматизацию планирования, учета, контроля и анализа всех бизнес-процессов управления [32-34]. В ERP системе формируется хранилище данных, которое содержит корпоративную информацию о финансах, производстве, кадрах, материальных запасах и пр. Данный тип информации будем называть «статической» информацией.

Структуры хранения информации разрабатываются независимо друг от друга, каждая система решает определенные задачи производственного процесса крупного предприятия. Для принятия управленческого решения приходится выполнять задачи по извлечению требуемой информации одновременно из хранилищ данных.

Существующая иерархия ИС обусловлена различной природой формирования структуры и контента производственной информации на каждом из уровней управления предприятием. В соответствие со сложившейся иерархией ИС, традиционно разделяют и задачи, решаемые в процессе управления предприятием. При этом, априори, полагается, что при решении задач управления промышленным предприятием на соответствующем уровне управления используется уникальная (относящаяся исключительно к данному уровню управления) информация, имеющая оригинальную структуру, скорость появления нового контента, период хранения, для обработки которой используются соответствующие способы обработки, хранения и доступа к информации. В этой связи ИС каждого из уровней управления используются собственные автономные хранилища данных (ХД). Однако анализ опыта управления крупными промышленными предприятиями показывает, что на большинстве из них при решении управленческих задач необходимо одновременно использовать информацию, хранящуюся в ХД, различных уровней классификации ИС, представленной на рисунке 1.1.

Подобные ситуации, возникают, в том числе, на тех МП, где последовательность технологических операций от подготовки шихты до выпуска ЕП (например, автомобильного листа, железнодорожных рельсов, швеллеров и т.д.) представляет собой с информационной точки зрения множество, число элементов которого варьируется от 7000

до 15000. При этом структура информации, поступающая от данных ИС, имеет различную структуру и скорость ее поступления. Например, на уровне АСУ ТП непрерывно с периодом, равным 10 с, собирается информация о параметрах работы оборудования, дискретные сигналы, о событиях и сообщениях, происходящих на машинах непрерывной разливки стали (МНЛЗ).

Однако, например, при анализе причин возникновения брака возникает необходимость использования информации о физико-химических свойствах шихты, физико-химических свойствах чугуна и технологических параметрах доменного передела, параметрах и событиях, произошедших на МНЛЗ, и др. Принимая во внимания, что необходимая информация размещена в ХД различных уровней, понятно, что извлечение ретроспективной информации с каждого из металлургических переделов, относящейся к данной единице продукции оказывается весьма трудоемкой задачей. В этой связи задача создания универсального ХД, в котором установлено взаимно однозначное соответствие между (ЕП) и соответствующей ей информацией на каждом из этапов МП, и технологий, обеспечивающих доступ к данной информации, является актуальной. Данный вывод подтверждается результатами анализа ИС, используемых на ведущих российских МП, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

ИС, используемые на ведущих российских МП

	ЕвразХолдинг	ММК	Северсталь
ERP	Система SAP R/3 (модули финансового учета, учета затрат, управления материалами, управления персоналом, модули управления сбытом, планирования производства, бюджетирования, управления качеством, документооборота и функционального развития действующих подсистем в направлении планирования процессов) [34].	АСУ «Персонал» (модули начисления заработной платы и учета рабочего времени. системы управления финансами, закупками и материальными запасами) [35].	Система электронного документооборота «Босс-Референте», планируется переход на систему SAP R/3 и SAP Transportation Management (SAP TM) [36].
MES-системы	Модули управления ремонтами, управления основными средствами[34].	Модули управления производством, «домна – конвертерный цех – десятый листопрокатный цех» [37]; Система Яндекс – «Снайпер» [36].	Система наблюдения за индикаторами грузопотоков и производственных процессов в режиме реального времени (по индикаторам основных производственных параметров, проводится оценка

	ЕвразХолдинг	ММК	Северсталь
			технологических процессов, которые используются для управления производством). Отдельные модули автоматизированной системы слежения и контроля процессов - АС СКП «Технология» [34].
АСУ ТП	АСУ ТП цехов основного производства	АСУ ТП цехов основного производства	АСУ ТП цехов основного производства

Из таблицы 1.1, видно, что действительно, данные производственных процессов на МП хранятся в ХД различных ИС. Данные, формирующиеся в цехах, в подразделениях предприятия, в переделах, и их связь с ИС МП иллюстрирует рисунок 1.2.

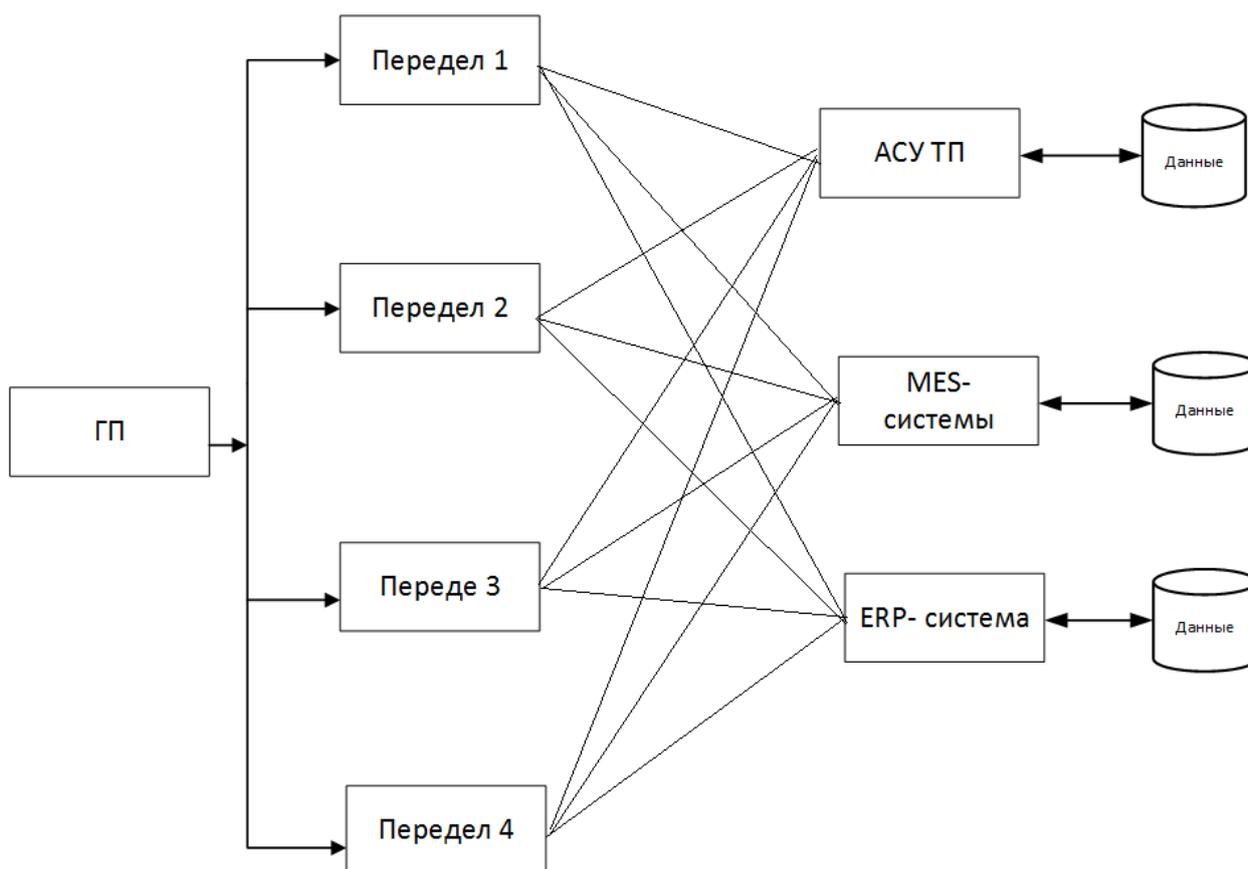


Рисунок 1.2. Схема распределения ИП ГП по информационным системам МП

Из рисунка 1.2 видно, что информация о ГП является сложной совокупностью ИП, распределенных между различными ИС, используемых на МП. Следовательно,

совокупность информационных параметров, характеризующих единицу ГП МП можно представить кортежем

$$ГП = \left\{ \left\{ П^{ACVTP} \right\}, \left\{ П^{MES} \right\}, \left\{ П^{ERP} \right\}, t \right\},$$

Где

$$\begin{aligned} \left\{ П^{ACVTP} \right\} &= \bigcup_{i=1, \overline{N_{ACVTP}}} \left\{ \left\{ П_i^{ACVTP} \right\}, t \right\}, \\ \left\{ П^{MES} \right\} &= \bigcup_{j=1, \overline{N_{MES}}} \left\{ \left\{ П_j^{MES} \right\}, t \right\}, \\ \left\{ П^{ERP} \right\} &= \left\{ \left\{ Договор \right\}, \left\{ Заказ \right\}, \left\{ План \right\}, \left\{ ЕП \right\}, t \right\} \end{aligned}$$

где

$\left\{ П_i^{ACVTP} \right\}$  – совокупность параметров технологических процессов, собираемых  $i$ -ой АСУ ТП;

$\left\{ П_j^{MES} \right\}$  – совокупность параметров бизнес-процессов и производственных процессов, собираемых  $j$ -ой *MES*-системой;

$\left\{ Договор \right\}$  – совокупность параметров бизнес-процессов, относящихся к заключенным договорам о производстве ГП;

$\left\{ Заказ \right\}$  – совокупность параметров бизнес-процессов, относящихся к заказам, выданным производственным службам, на основании заключенных договоров о производстве ГП;

$\left\{ План \right\}$  – совокупность параметров плана производства ЕП, сформированного на основании заключенных договоров и заказов на производство продукции;

$\left\{ ЕП \right\}$  – совокупность параметров ЕП, характеризующих состояние ЕП на каждом из этапов производственного процесса, а также, собственно, параметров технологических процессов.

Отметим, что известен ряд публикаций, посвященных проблемам интеграции гетерогенных данных [38-41], из которых видно, что авторы изученных работ широко используют такие понятия как гетерогенные данные, гетерогенное хранилище данных, гетерогенные информационные системы, однако, не приводят их точных определений. В этой связи для целей дальнейшего исследования введем определения базовых понятий, используемых в работе.

Под гетерогенностью (от греч. *έτερος* — другой + *γένω* — род) будем понимать, следуя [42], разнородность, инородность; наличие неодинаковых частей в структуре, в составе чего-либо.

Под структурой данных, следуя Вирту [43] – фундаментальные структуры (запись, массив (фиксированного размера), множество).

Следую приведенным выше определениям под:

– *гетерогенными данными* – *результат интеграции данных, описываемых различными информационными моделями;*

*– гетерогенными источниками данных – источники данных, описываемых различными информационными моделями;*

*– гетерогенным хранилищем данных – хранилище данных, предназначенное для сбора, хранения и доступа к гетерогенным данным;*

*– гетерогенной информационной системой – ИС, обеспечивающую сбор, анализ и обработку гетерогенных данных;*

*– гетерогенным запросом – запрос, обеспечивающий извлечение информации из гетерогенного хранилища данных.*

Таким образом, задача разработки единого ХГД МП является задачей интеграции разрозненных информационных моделей данных.

## 1.2. Анализ методов интеграции данных с точки зрения их применимости для создания единого ХГД МП

Рассмотрим таблицу 1.2 в которой приведена информация о методах интеграции неоднородных данных и оценке их применимости в задаче создания единого ХГД МП.

результаты анализа методов интеграции гетерогенных данных с точки зрения их применимости в решении задачи создания единого информационного пространства металлургического производства (ЕИП МП), представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Сравнение методов интеграции с точки зрения их применимости для создания ХГД МП

Название метода интеграции	Используемая технология интеграции	Применимость метода для создания единого ХГД МП
Интеграция на уровне брокеров. [20]	Обращение из одной СУБД к другой СУБД с помощью удаленного вызова процедур (англ. Remote Procedure Call – RPC).	Частично применим на этапе сбора информации из других информационных систем
Интеграция на уровне интерфейсов (физических, программных и/или пользовательских) [21-24]	Интеграция распределённых программных приложений, реализованных разными разработчиками в разное время, на основе использования интерфейсов, обеспечивающих согласование форматов данных, используемых разными приложениями	Автоматизация металлургического производства базируется на сборе информации большого числа приложений, однако, данный метод не обеспечивает построение качественно новых запросов к объединяемым данным
Интеграция на функционально-прикладном и организационном уровнях [24]	Объединение нескольких однотипных и/или схожих функций в макрофункции, в которые обеспечивают перераспределение ресурсов, потоков данных, управления и механизмов исполнения	Использование данного метода интеграции может потребовать внесения существенных изменений в организацию информационных потоков металлургического производства
Интеграция на уровне корпоративных программных приложений [26,27]	Совместное использование внутренних данных интегрируемых приложений, а также исполняемого кода, для чего используются стандартизованные программные интерфейсы (API) и специализированное связующее программное обеспечение (ПО)	Существенные различия в моделях данных, собираемых и обрабатываемых ИС МП, и высокая степень автономности данных ИС не позволяют использовать данный метод для создания ЕИП МП
Интеграция при помощи Web-сервисов [24-27]	Использование для доступа к используемым приложениям и данным стандартных Web-интерфейсов, соответствующих одному из известных протоколов WEB-сервисов,	ИС МП являются изолированными (от сети Интернет) ИС, что не позволяет использовать для их интеграции Web-сервисов

Название метода интеграции	Используемая технология интеграции	Применимость метода для создания единого ХГД МП
	которые могут быть написаны не только на разных языках, но и распределены на разных узлах сети	
Интеграция на уровне данных [26]	Использование репликаций, обеспечивающих доступ различных программных приложений к выбранным базам данных	С высокой вероятностью возможно возникновение многочисленных конфликтов в процессе организации репликаций различных программных приложений с разнородными БД МП, обусловленные гетерогенностью размещаемых в них данных
Интеграция на уровне сервисов [27]	Фиксации интерфейсов и форматов данных со стороны, каждого из взаимодействующих программных приложений	Метод требует разработки узконаправленных, частных решений, что невозможно реализовать на крупном МП, на котором одновременно используется большое количество программных приложений и БД
Интеграция на уровне пользователя [27]	Организация взаимодействия пользователя с программными приложениями в ручном режиме	Метод на практике реализовать на крупном металлургическом предприятии из-за большого числа пользователей и различного класса ИС невозможно

Из таблицы 1.2, видно, что в настоящее время не существует универсальных методов интеграции разнородных данных, обеспечивающего решение задачу создания единого ХГД МП.

В результате можно прогнозировать возникновения в процессе интеграции технологической информации, находящейся в данный момент различных ХД. Рассмотрим причины данных проблем более подробно.

#### ***А. Семантическая несовместимость***

1. ***Конфликты наименований***, возникающие, если модели данных МП, используемых в различных ИС, содержат информацию о значениях одних и тех же одних физико-химических показателей, однако, в процессе независимой разработки соответствующих программных инструментов, весьма вероятны ситуации, в которых программисты могут использовать несогласованные друг с другом словари названий информационных полей. В результате окажется, что модели данных, соответствующих одним и тем же концепциям реального мира, будут содержать разные названия

соответствующих информационных полей (например, «Готовая продукция», «Металлопрокат», «Единица продукции»).

В результате могут возникнуть проблемы двух типов:

1) Проблема омонимов – несоответствие, возникающее, когда одно и то же имя оказывается использованным для двух разных концепций.

2) Проблема синонимов – конфликт имен, когда одно и то же понятие идентифицируется разными именами.

Отметим, что выявить проблемы омонимов и синонимов удастся только на этапе интеграции данных. Их устранение требует внесения изменений в используемые названия концепций, что, на практике, оказывается далеко не всегда возможным.

1. **Конфликты конструкций**, возникающие, когда один и одна и та же концепция представлена различными конструкциями в разных схемах. Например, объект может быть представлен как сущность в одной схеме и как атрибут в другой схеме («единицы измерения»).

3. **Конфликты ключей**, возникающую в случае назначения в разных схемах различным ключам одного и того же понятия.

4. **Поведенческие конфликты**, возникающие, когда разные политики вставки/удаления связаны с один и тот же класс объектов в разных схемах.

5. **Конфликт отсутствующих данных**, возникающий, когда в разных БД определены различные атрибуты концепции, например, атрибут «ПЕРЕДЕЛ» отсутствует в Таблице 2, и атрибут «ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ» отсутствует в Таблице 1, а в соответствии с поисковым запросом требуется найти в Таблице 1 химический состав ПД на данном переделе МП.

6. **Конфликт уровней абстракции**, возникающий, когда информация о сущности хранится в БД на разных уровнях детализации (например, «СТОИМОСТЬ ТРУДА» и «СТОИМОСТЬ СЫРЬЯ» могут в одной БД быть хранятся отдельно друг от друга, в то время как во БД быть объединенными вместе (как «TOTAL-COST»).

7. **Конфликт определения связанных понятий**, возникающий при согласовании несовпадающих друг с другом, но связанных объектов, когда требуется определять соответствующие свойства объектов (например, два объекта, принадлежащие двум разным базы данных, могут не быть эквивалентными, но один объект может быть обобщением сущности другого объекта).

8. **Конфликты масштабирования**, возникающие, когда один и тот же атрибут объекта в разных БД хранится в разных единицах измерения (например, атрибут

«КОЛИЧЕСТВО» в одной базе БД может храниться в единицах «КИЛОГРАММ», в другой БД – единицах «ТОННА».

### ***В. Несовместимость количественных данных***

Данные могут быть несовместимы по следующим причинам:

1. ***Различные уровни точности***, возникающие значения одного и того же атрибута в разных БД хранятся с разным уровнем точности (например, одна БД может содержать информацию с точностью до секунды, в то время как другая БД может указывать точность только до дня).

2. ***Асинхронность обновлений***, возникающих из-за независимости управления различными БД, и, как следствие, неодновременного обновления БД.

3. ***Отличия в политике безопасности***, приводящие к конфликту программно-аппаратных комплексов, обеспечивающих информационную безопасность используемых БД.

Таким образом, существует необходимость разработки обобщенной информационной модели ГД МП и обоснованного выбора технологии их интеграции, свободной от указанных выше недостатков.

### **1.3. Оценка применимости известных моделей, технологий хранения и доступа к данным для создания единого ХГД МП**

В концепции БД понятие «данные» – это набор конкретных значений, параметров, характеризующих объект, условие, ситуацию или любые другие факторы [8]. При этом данные не обладают определенной структурой. Они становятся информацией, только после выбора пользователем структуры их представления, то есть осознания их смыслового содержания (контента). В этой связи центральным понятием в БД является понятие «модель данных», которое, однако, сегодня не имеет однозначного определения (см., например, [3-8]).

В то же время отметим, что в многочисленных определениях понятия «модель данных» удастся выделить общие признаки [8]. В нашей работе, следуя [8], модель данных – это некоторая абстракция, применимая к конкретным данным, которая позволяет пользователям и разработчикам трактовать информацию, содержащие данные и установленную взаимосвязь между ними.

Информация об известных моделях данных, области их применимости в МС МП и оценки возможности их использования в задаче создания единого ХД металлургического производства представлены в Таблице 1.3.

## Оценка применимости существующих моделей данных

Название модели	Область применения модели в ИС МП	Недостатки с точки зрения задачи формирования хранилища гетерогенных данных МП
Реляционные модели [3-8]	В ERP ИС (например, учет при договоров на поставку сырья, электроэнергии; учет заказов клиентам и формирование плана выпуска продукции)	Информация, хранящаяся в БД, основанных на использовании реляционных моделях данных, является статической, в то время как данные МП являются, как статическими, так и динамическими
Объектно-ориентированные модели [9-13]	Объектно-ориентированные модели данных используются в АСУТП при создании программного обеспечения OPC-серверов, через которые подключаются датчики, контроллеры	Объектно-ориентированные модели позволяют хранить данные, имеющие квазидинамическую структуру, то есть структуру, изменяющуюся при добавлении нового исполняющего устройства или его удаления из системы
Темпоральные модели данных [14,15]	Темпоральные модели данных используются в АСУТП, работающих в режиме реального времени (Real Time), в которых данные представляют собой значения показателей технологического процесса, измеренные в упорядоченные моменты времени (временные ряды)	Темпоральные модели предназначены исключительно для хранения данных, представляющих собой временные ряды, но не гетерогенных данных

Из Таблицы 1.3 видно, что для создания единого хранилища гетерогенных данных МП потребуется разработка интегрированной модели данных МП, объединяющей реляционную, объектно-ориентированную и темпоральную модели данных.

Реляционные базы данных с 1970 г. применяются на промышленных предприятиях для учета информации по производственным процессам и данный подход является востребованным и до настоящего времени. На металлургических предприятия реляционные базы данных применяются в АСУ ТП, ERP-системах и MES- системах.

Объектно-ориентированные базы данных также применяются на промышленных предприятиях, однако их использование требует настройки СУБД, поддерживающих объектно-ориентированный подход, а также обеспечение совместимости с реляционными БД.

Многие процессы на МП характеризуются изменяющимися во времени параметрами, поэтому для их хранения используются темпоральные БД, однако, данная технология обработки данных только АСУ ТП.

Информация об известных технологиях хранения данных и оценки возможности их использования в задаче создания единого ХГД МП представлены в Таблице 1.4.

Таблица 1.4

Оценка применимости технологий обработки данных

Название технологии	Технология хранения	Применимость к хранилищу гетерогенных данных
OLTP (Online Transaction Processing – оперативная обработка транзакций), используемая когда клиенту требуется максимально быстрое время выполнения запроса к ИС [16]	Предназначена для выполнения запросов (транзакций) к БД, структура данных которой обеспечивает выполнение небольших по размерам транзакций, идущими большим потоком	1. Использование данного механизма доступа к данным потребует модификации структуры большинства БД МП, что невозможно реализовать на практике 2. Проверка гипотезы о применимости OLTP для доступа к гетерогенным данным требует отдельного научного исследования, результаты которого могут отказаться отрицательными
OLAP (Online Analytical Processing – оперативная аналитическая обработка) [17, 44-47]	Предназначена для аналитической обработки информации, хранящейся в многомерных таблицах (например, составление и динамическую публикацию отчётов и документов)	Данные ГП МП вследствие их гетерогенности не могут быть размещены в предметно-ориентированной БД.

Из таблицы 1.4 видно, что для создания единого ХГД МП потребуется сделать использовать технологии, отличные от технологий OLTP и OLAP, широко используемых сегодня в БД.

Подтвердим данный вывод, следующими примерами.

В цехах МП используют ИС это работы с информацией о деятельности подразделения, например, о выпуске готовой продукции. ИС ориентированы на обработку оперативных данных, которые обрабатываются с помощью технологии OLTP. В одном цехе может быть несколько ИС, которые решают разные задачи учета данных.

Для аналитической работы применяют технологию OLAP, которая агрегирует данные по одной предметной области. Например, для технологов существует

аналитическая системы, позволяющая в рамках одного цеха анализировать технологические процессы.

Таким образом, проведенный на основе использования введенных понятий «гетерогенные данные», «гетерогенные источники данных», «гетерогенные хранилище данных», «гетерогенная информационная система», «гетерогенный запрос» анализ применимости существующих методов интеграции данных, к позволяет сделать обоснованный вывод о том, что применение данных методов и технологий для интеграции данных МП в едином ХД потребует модификации структур БД соответствующих ИС, используемых на МП, что на практике не может быть реализовано. Кроме того, велика вероятность возникновения семантической несовместимости при интеграции гетерогенных данных, в также возникновение несовместимости значений одних и тех же количественных показателей, хранящихся в БД различных ИС МП.

В этой связи существует необходимость разработки обоснованного выбора технологии их интеграции, свободной от указанных выше недостатков.

#### **1.4. Постановка задач исследования**

Анализ современно состояния предметной области показал, что в настоящее время показал, что для повышения качества управления бизнес-процессами промышленных предприятий необходимо обеспечить одновременный доступ к информации, соответствующей запросу, которая зачастую хранится в различных автономных хранилищах данных. Однако, при всей очевидности формулировки данной задачи, ее решения в настоящий момент не найдено. При этом понятно, что существенно упростить поиск необходимой информации удастся, если разместить информацию о состоянии продукции и технологических процессах, собираемую различными ИС предприятия, которая по своей структуре оказывается гетерогенной, в едином ХД. Однако, для универсальной методологии, обеспечивающей разработку комплекса научно-технических решений для создания единого ХГД промышленного производства, в настоящее время не создано.

Таким образом, цель исследования, состоящая в разработка методологии структурного синтеза ХГД на примере МП, которую можно тиражировать на других промышленных предприятиях, является актуальной.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи.

1. Анализ проблем интеграции разнородных данных, методов интеграции, технологий хранения и доступа к разнородным данным.

2. Системный анализ информационных потоков МП с целью создания структурной модели информационных потоков; информационных и онтологических моделей источников информации МП, обобщенной информационной модели МП и обоснования выбора технологии создания ХГД МП.

3. Разработка информационных, онтологических моделей источников данных МП и структурный синтез логической структуры ХГД МП.

4. Разработка методологии структурного синтеза ХГД МП, которая может быть применена для проектирования единого ХГД любого промышленного производства.

5. Разработка и тестирование модуля ХГД МП, как части Автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП).

## ГЛАВА 2. Системный анализ информационных потоков металлургического производства

### 2.1. Информационная модель металлургического производств

Современное МП, на котором реализован полный цикл жизненного цикла «руда – металл – готовая продукция МП – утилизация продукции МП», включая утилизацию изделий МП, представляет собой комплекс различных взаимосвязанных производств: горнодобывающего, горно-обогачительного, коксохимического, доменного, сталеплавильного, прокатного (различные прокатные станы и/или машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ)). Подробное описание технологий МП в приведено [48-78]. Комплексная структура МП и его сложные взаимосвязи с поставщиками, заказчиками, логистическими структурами, финансовыми и правовыми органами, с другими предприятиями отрасли обуславливают сложную структуру информационных потоков, сопровождающих выпуск ГП МП.

Для описания информационных потоков МП и их взаимодействий рассмотрим соответствующую IDEF0 диаграмму на нулевом уровне декомпозиции, построенную в соответствии с [79] (рис. 2.1)

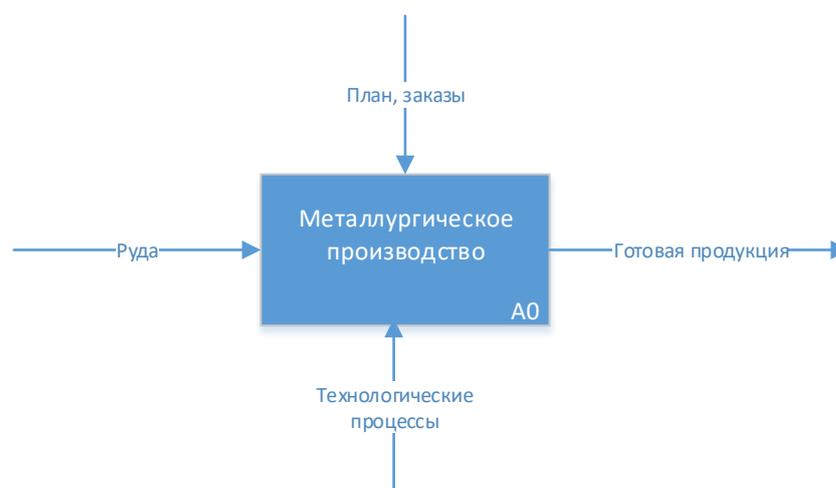


Рисунок 2.1. Диаграмма IDEF0 (нулевой уровень декомпозиции)  
Из рисунка 2.1 видно:

1. на вход прямоугольника «Металлургическое производство», соответствующего выполняемой работе (процессу, деятельности, функции или решаемой задаче), подается сырье, которое используется и преобразуется работой для получения конечного результата – ГП МП;

2. в качестве управления выступают заказы потребителей ГП МП и планы их производства;

3. в качестве механизма, выполняющего работы по преобразованию сырья в единицу ГП МП выступают технологические процессы МП.

Первый уровень декомпозиции блока «Металлургическое производство» (рис. 2.1) в предположении, что на МП для производства ГП используются МНЛЗ, представлен на рисунке 2.2.

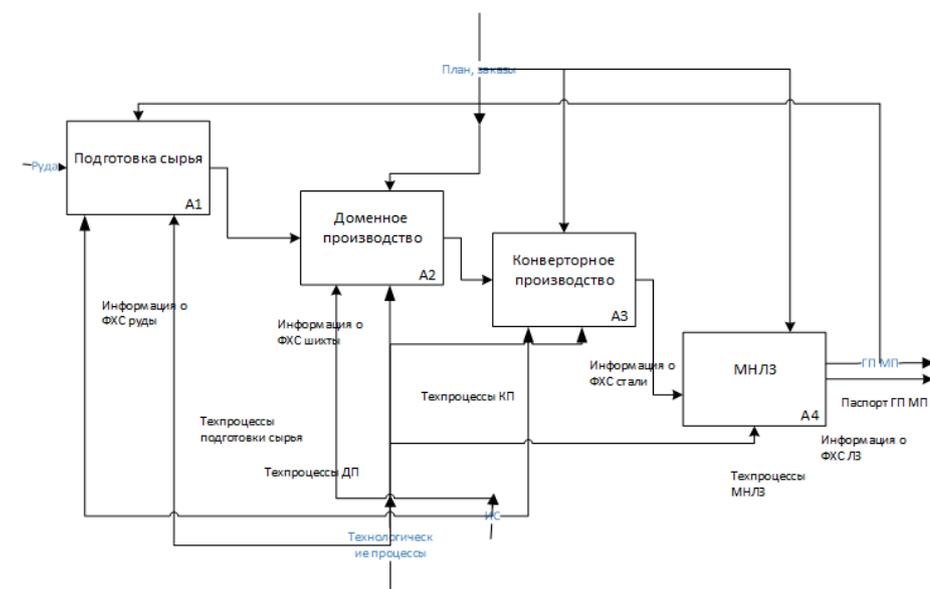


Рисунок 2.2. Декомпозиция блока «Металлургическое производство»

Из рисунка 2.2 видно, что выбранное МП состоит из четырех переделов: подготовка сырья, доменное производство, конверторное производство, производство продукции МП, последовательно связанных друг с другом. Информация о процессах и физико-химических свойствах готовой продукции хранятся и обрабатывается в различных информационных системах. На каждом переделе используются ресурсы, которые в свою очередь можно разделить на следующие группы: технические (агрегаты, машины, оборудование), материальные (сырье, энергия), трудовые (люди) информационные (данные и документы). Обобщенная схема материальных потоков МП представлена на рис. 2.3.



Рисунок 2.3. Обобщенная схема материальных потоков МП

Обобщенная схема информационных потоков МП представлена на рисунке 2.4.

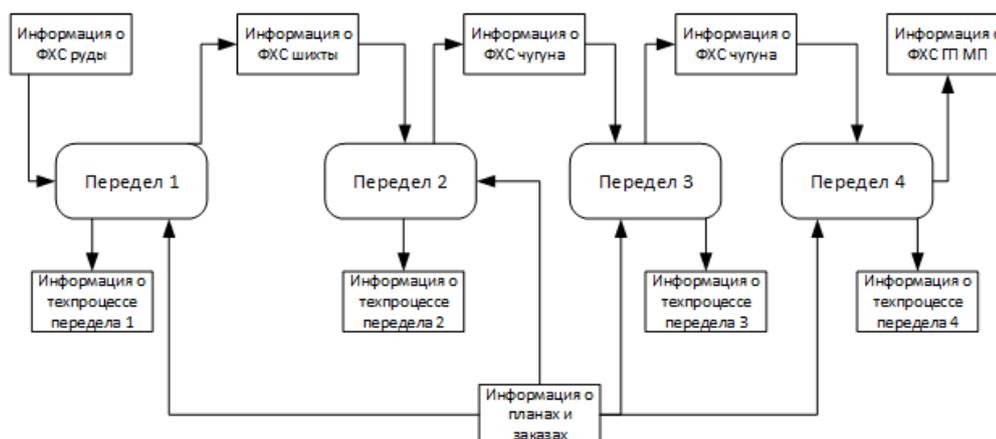


Рисунок 2.4. Обобщенная схема информационных потоков данных МП

Из рисунков 2.3, 2.4 видно, что информационная модель ГП МП должна объединять в себе все информационные параметры (ИП) материальных и информационных потоков на каждом переделе МП.

В этой связи необходимо детализировать информационные потоки на каждом из переделов МП.

### ИП передела 1:

- совокупность информационных параметров (ИП) технологического процесса дробильного отделения (результаты взвешивания поступившей руды, тип мельницы, количество мельниц, плотность слива, дробящая среда, масса дробящей среды и др.);

- совокупность ИП технологического процесса измельчительного отделения (длина стержня, диаметр шара, производительность);
- совокупность информационных параметров технологического процесса сушильного отделения (расход природного газа, давление газа в горелке, давление воздуха, давление в топочном пространстве, температура отходящих газов, температура в топочном пространстве, температура сухого шпата на выходе из барабана и др.);
- совокупность физико-химических свойства (ФХС) руды (влажность, плотность, коэффициент крепости, процентное содержание оксидов железа, кальция, магния, алюминия, кремния, калия, натрия и др.; минералогический состав сырья и др.).

### **ИП передела 2:**

- совокупность ИП шихты, шихтоподачи и загрузки (например, содержание в шихте железа, кремнезема, извести, магнезии, фракции; влажность кокса, содержание серы в коксе; скорость опускания шихты; масса, т: железорудных компонентов в подаче, сухого кокса в подаче, добавок; загрузка печи по заданной программе; профиль и уровень засыпки шихты и т. д.);
- совокупность ИП комбинированного дутья (например, расход: холодного дутья, горячего дутья; давление горячего и холодного дутья; температура горячего дутья, влажность горячего дутья, содержание кислорода в дутье, расход природного газа на печь, расход кислорода, соотношение между природным газом и кислородом дутья, распределение дутья по фурмам, распределение природного газа по фурмам и др.);
- совокупность ИП доменного процесса (например, процентное содержание в чугуна и шлаке: кремния, марганца, серы; температура чугуна, масса чугуна; температура шлака, масса шлака);
- совокупность ИП состояния системы охлаждения и огнеупорной кладки печи (например, температура: подкупольной зоны воздухонагревателей, на границе динас–шамот (динас–каолин), продуктов сгорания в камере горения; наличие факела в камере горения; расход и давление: чистого доменного газа на воздухонагреватели, коксового (природного) газа на воздухонагреватели, воздуха для сжигания газа; теплота сгорания смешанного газа и др.);
- ФХС чугуна.

### **ИП передела 3:**

- совокупность ИП параметров процесса взвешивания (например, металлического лома на платформенных весах, жидкого чугуна при переливе, сыпучих материалов в промежуточных бункерах и ферросплавов);
- совокупность измеряемых ИП (например, температура чугуна в ковшах после перелива, расход и состав кислорода на продувке, положение и прогар продувочных фурм; расход, давление и химический состав конвертерных газов; параметры развития процесса шлакообразования; положение конвертеров; температура и содержание углерода в металле и др.); У – совокупность ИП процессов управления (например, ИП процесса дозирования материалов в конвертер и ферросплавов в сталеразливочный ковш, расход кислорода на продувку, положение продувочной фурмы, перемещение измерительного зонда, регулирование давления конвертерного газа);
- ФХС стали.

### **ИП передела 4:**

- совокупность ИП МНЛЗ (температура металла в сталеразливочном ковше, температура металла в промежуточном ковше, температура воды в кристаллизаторе, температура поверхности слитка в зоне вторичного охлаждения, уровень металла в промежуточном ковше, уровень металла в кристаллизаторе, расход охлаждающей воды в кристаллизаторе, усилие вытягивания слитка, скорость разливки, мерная длина слитка и др.);
- совокупность ИП физико-химических свойства (ФХС) сляба (химический состав, металлургическое качество сляба; структура литого металла; размеры сляба, загрязнённость, ликвидационная неоднородность в заготовке и др.).

Полный список ИП МП представлен в Приложении П1.

Рассмотрим более подробно ИП передела № 4 МП, на котором с помощью МЛНЗ из конверторной стали производят непрерывнолитые заготовки (НЛЗ). (Отметим, что в настоящее время в России большая часть стали выплавляется в кислородных конвертерах ёмкостью от 160 до 450 т. Данная технология используется в открытом акционерном обществе (ОАО) «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК), ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК) (два цеха), ОАО «Северсталь», ОАО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» (НТМК), ОАО «ЕВРАЗ

Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЗСМК) (два цеха) и ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ЧМК.)

## 2.2. Обоснование выбора источников информации на этапе процессов производства непрерывно литых заготовок

Технологические процессы производства непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) в конвертерном цехе реализуются в следующем порядке [58-78]:

а) Сталь выплавляется в кислородных конвертерах из металлошихты (жидкого чугуна и твёрдой металлошихты) путём продувки кислородом (рисунок 2.5). Для выплавки отдельных марок стали чугун обрабатывается на установке десульфурации (УДЧ) (рисунок 2.6).

б) После выпуска расплавленного металла из конвертера в сталеразливочный ковш (рисунок 2.7) производится внепечная обработка (доводка стали по химическому составу и температуре до требуемых значений) – на установках ковш-печь (УКП) (рисунок 2.8), установках доводки металла (УДМ) (рисунок 2.9), установках вакуумирования стали (УВС) (рисунок 2.10).

в) Готовая сталь разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) (рисунок 2.11), после разливки НЛЗ маркируются, обрабатываются и отгружаются в прокатные цехи или заказчикам.

Общая технологическая схема процессов производства НЛЗ из конвертерной стали представлена на рисунке 2.12.

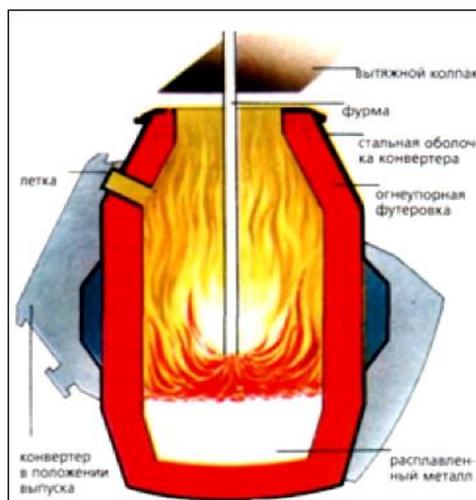


Рисунок 2.5 – Кислородный конвертер

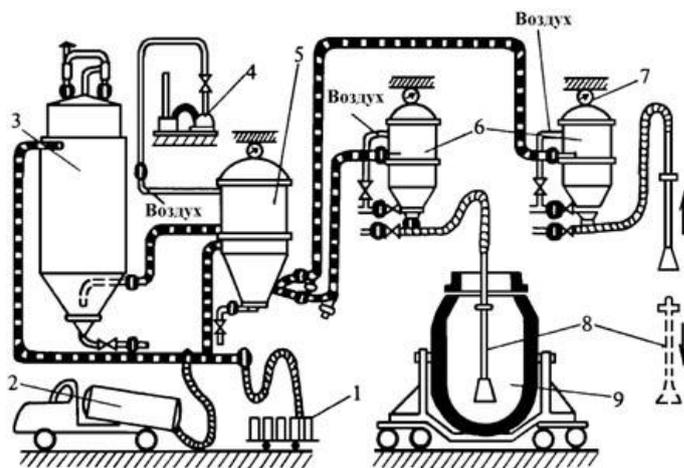


Рисунок 2.6 – Схема установки десульфурации чугуна порошкообразным магнием: 1 – емкости с магнием; 2 – автоцистерна для подачи извести; 3 – бункер для извести; 4 – компрессорная установка; 5 – смеситель; 6 – расходные бункера; 7 – динамометр; 8 – фурмы; 9 – чугуновозный ковш



Рисунок 1.7 – Сталеразливочный ковш



Рисунок 2.8 – Установка ковш-печь (УКП)

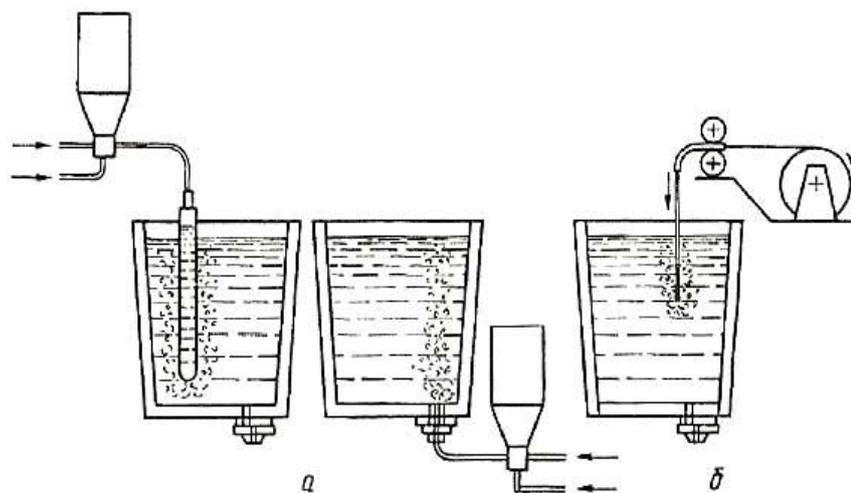


Рисунок 2.9 – Общая схема обработки стали на УДМ: а – продувка расплава в сталеразливочном ковше аргоном сверху через погружную фурму или снизу через донное продувочное устройство; б – ввод алюминиевой катанки или порошковой проволоки с помощью трайб-аппарата



Рисунок 2.10 – Циркуляционный вакууматор

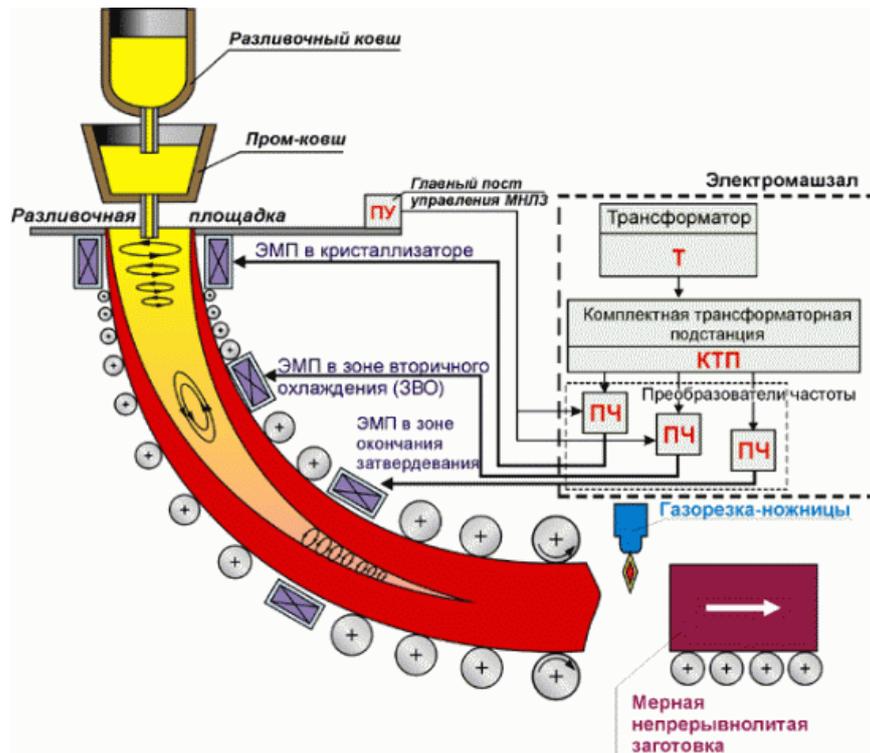


Рисунок 2.11 – Схема разливки стали на МНЛЗ

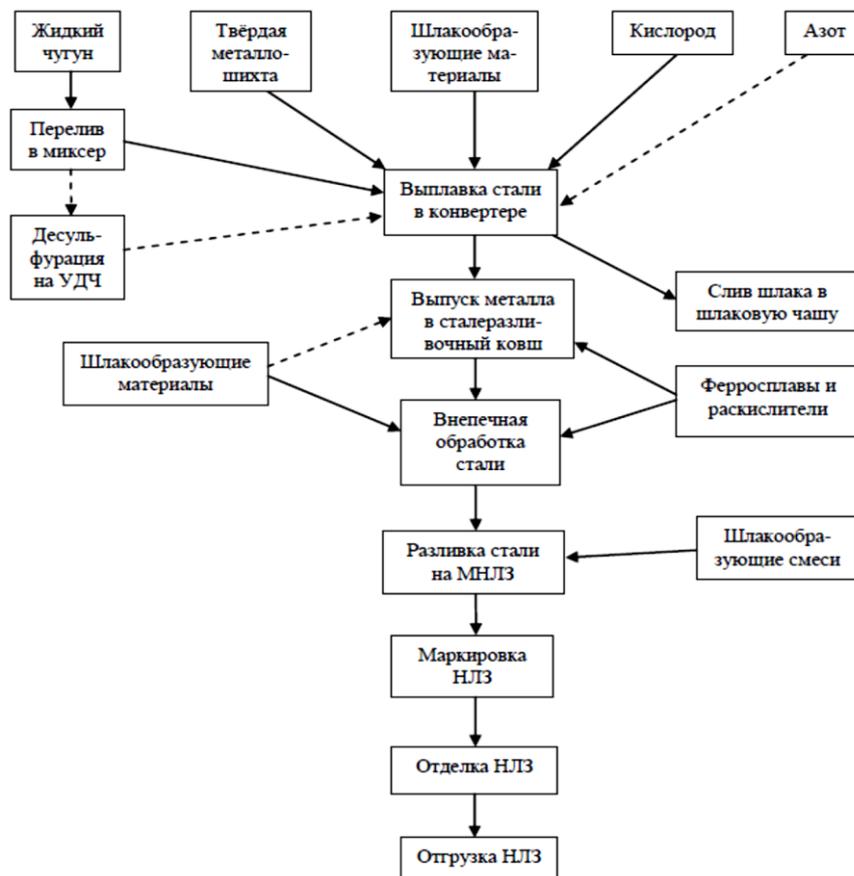


Рисунок 2.12 – Общая схема технологических процессов производства НЛЗ из конвертерной стали

Из рис. 2.12 видно, что качество НЛЗ будет зависеть от физико-химического состава используемых компонентов.

### **Физико-химические характеристики компонентов НЛЗ**

Рассмотрим физико-химический состав используемых компонентов НЛЗ:

– жидкий передел чугуна, характеризуются процентным содержанием в нем углерода, марганца, кремния, фосфора, серы, а также его массой и температурой, номером выпуска из доменной печи, номером используемых для доставки чугуновозных ковшей;

– твёрдая металлическая шихта, состоящая из переработанного металлического лома (чугунный скрап и прокатные валки после дробления, изделия из низколегированной стали) и отходов (скрап стальной, обрезь непрерывнолитых заготовок и прокатная обрезь), металлизированных окатышей и горячебрикетированного железа (ГБЖ), физико-химические свойства которой характеризуются массой шихты, видом шихты, сортом шихты;

– применяемых охладителей (железородные окатыши и высокоосновный агломерат), характеризующихся процентным содержанием  $Fe_{общ}$ , процентным содержанием  $SiO_2$ , потерей массы при прокаливании;

– шлакообразующими материалами (известью металлургической, доломитом сырым и обожжённым, известняком, плавиковым шпатом, магнезиальные флюсы), характеризующихся:

а) процентным содержанием  $CaO$ , процентным содержанием  $SiO_2$ , потерей массы при прокаливании (известь и известняк);

б) процентным содержанием  $CaO$ ; процентным содержанием  $MgO$ , процентным содержанием  $SiO_2$ , потерей массы при прокаливании (доломит сырой и обожжённый);

в) процентным содержанием  $CaF_2$ , потерей массы при прокаливании (плавиковый шпат);

г) процентным содержанием  $MgO$ , процентным содержанием  $CaO$ , процентным содержанием  $Fe_{общ}$ , процентным содержанием  $SiO_2$ , потерей массы при прокаливании (магнезиальные флюсы);

а также фракционным составом охладителей и шлакообразующих материалов, характеризующихся: минимальным и максимальным поперечным размером кусков, долей мелочи с размерами меньше минимального по нормативным документам, долей крупных кусков с размерами больше максимального по нормативным документам [31-47].

Процесс шихтовки плавки характеризуется: массой жидкого чугуна, химическим составом чугуна, температурой чугуна, массой твёрдых шихтовых материалов, вид твёрдых шихтовых материалов, сорт твёрдых шихтовых материалов.

Дутьевой и шлаковый режимы плавки характеризуются: металлом – процентным содержанием С, процентным содержанием Мп, процентным содержанием Р, процентным содержанием S, процентным содержанием Cr, процентным содержанием Ni, процентным содержанием Си; шлаком – процентным содержанием СаО, процентным содержанием SiO<sub>2</sub>, процентным содержанием Feобщ., процентным содержанием MgO; процентным содержанием S, процентным содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; процентным содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, отношением процентного содержания оксида кальция СаО к процентному содержанию оксида кремния SiO<sub>2</sub> или суммы процентных содержаний оксида кальция СаО и оксида магния MgO к процентному содержанию оксида кремния SiO<sub>2</sub>.

Процесс выплавки стали в конвертере описывается следующими информационными параметрами: массой шихтовых материалов, массой охладителей и шлакообразующих материалов, температурой чугуна, химическим составом чугуна; химическим составом металла, химическим составом шлака, положением фурмы, расходом кислорода, продолжительностью продувки и додувки расплава в конвертере.

Процесс выпуска раскисления и легирования стали при выпуске металла в сталеразливочный ковш из конвертора характеризуется: массой ферросплавов и раскислителей, присаженных в ковш, массой шлакообразующих материалов, присаженных в ковш, температурой металла в ковше после окончания выпуска, химическим составом металла; продолжительностью продувки металла аргоном в ковше.

Внепечная обработка стали в ковше на установках «Ковш – печь» (УКП) характеризуется: массой присаженных раскислителей и ферросплавов, массой присаженных шлакообразующих материалов, температурой металла по ходу обработки, химическим составом металла по ходу обработки, химическим составом шлака по ходу обработки, толщиной шлака в ковше, продолжительностью обработки, продолжительностью нагрева металла, расходом электроэнергии на нагрев.

Обработка жидкого металла в сталеразливочном ковше на установках доводки металла (УДМ) характеризуется: массой присаженных раскислителей и ферросплавов, массой присаженных шлакообразующих материалов, температурой металла по ходу обработки, химическим составом металла по ходу обработки, химическим составом шлака по ходу обработки, толщиной шлака в ковше, продолжительностью обработки, продолжительностью продувки стали аргоном.

Обработка жидкого металла в сталеразливочном ковше на установках вакуумирования стали (УВС) характеризуется: временем прибытия и передачи ковша, продолжительностью продувки аргоном (азотом), продолжительностью вакуумирования металла; продолжительностью продувки металла кислородом, температурой и степенью

окисленности металла, содержанием водорода в металле до и после обработки, химический состав стали; временем выдачи химического анализа; перечнем и количеством присаживаемых материалов; расходом аргона; данными о стойкости футеровки вакуум-камеры, патрубков вакууматора; информацией об обслуживающем персонале; номером плавки; номер сталеразливочного ковша; маркой стали; статочным давлением в вакуумной камере; температурой металла по ходу обработки; химическим составом металла по ходу обработки; окисленностью металла по ходу обработки; содержанием водорода в металле по ходу обработки; толщиной шлака в ковше; массой присаженных раскислителей и ферросплавов; массой присаженных шлакообразующих материалов.

Процесс разливки стали характеризуется: продолжительностью разливки; количеством плавков в серии; температурой разливаемой стали; химическим составом готовой стали; скоростью разливки стали; типом и размерами НЛЗ; массой годных НЛЗ.

Процессы назначения, подготовка к прокатке и отгрузка НЛЗ характеризуется: номером плавки; маркой стали; размерами НЛЗ; номером МНЛЗ, на которой производилась разливка; порядковым номером заготовки, отлитой на данной машине; массой технологической обрезки НЛЗ, скрапа и брака.

Таким образом, анализ для причин возникновения брака, проводимом технологами МП, даже на этапах конверторной выплавки стали и НЛЗ требуется анализ большого числа показателей, в том числе, показателей, значения которых были измерены на предыдущих этапах жизненного цикла, например, физико-химических показателей чугуна, использованного для выплавки стали.

### **2.3. Разрозненность информации, как проблема для решения задач контроля качества продукции металлургического производства**

Блок-схема общего алгоритма анализа причин брака представлена на рис. 2.13.

Из рис. 2.13 видно, что выявление причин брака ГП МП на крупном МП представляет собой сложный процесс, в котором, зачастую, необходимо использовать информацию о технологических процессах и физико-химических свойствах данной единицы ГП МП на различных этапах ее жизненного цикла. При этом оказывается, что необходимо использовать информацию, находящуюся в БД различных ИС – источниках информации (ИИ) МП, используемых на данном МП (см. рис. 2.14).

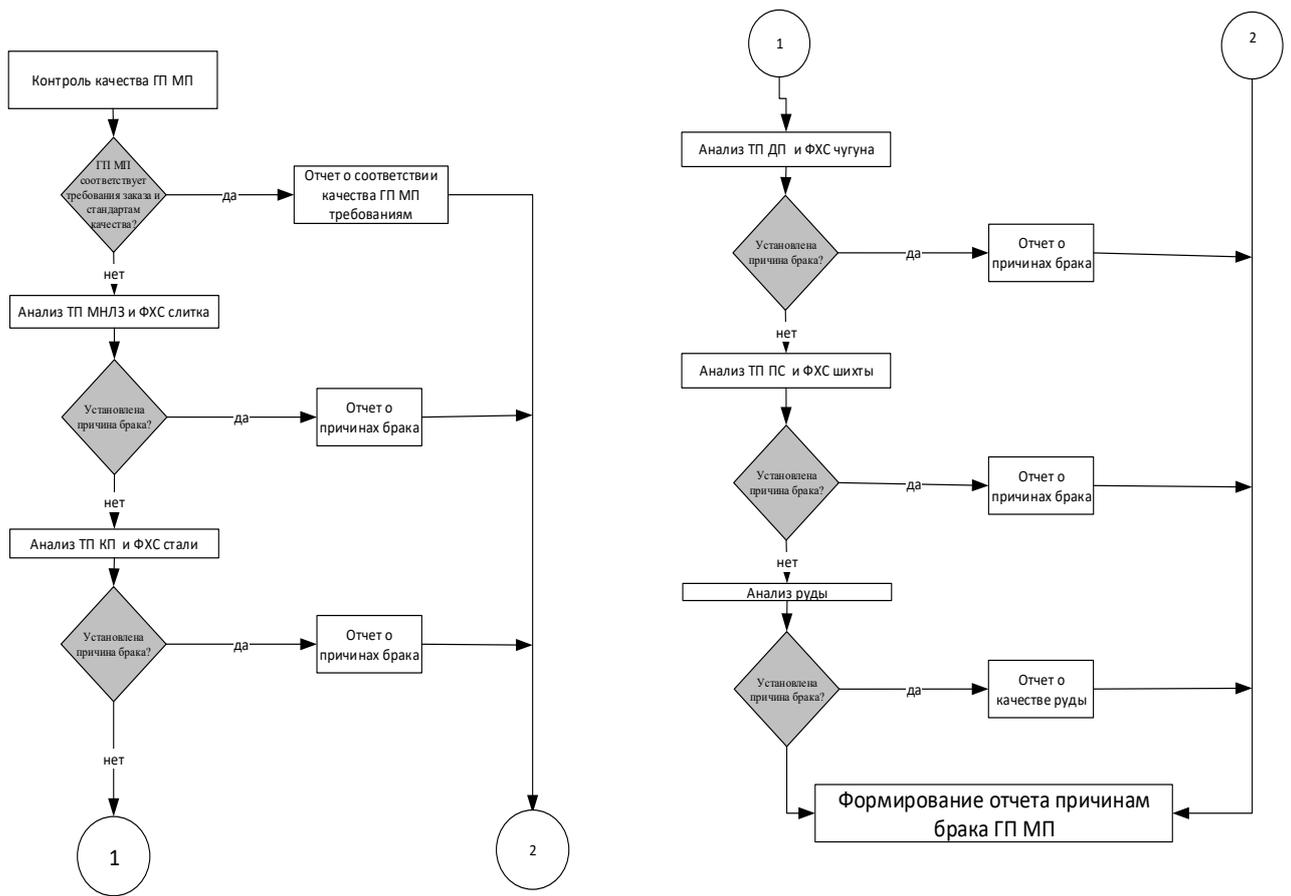


Рисунок 2.13 – Алгоритм выявления причин брака ГТ МП

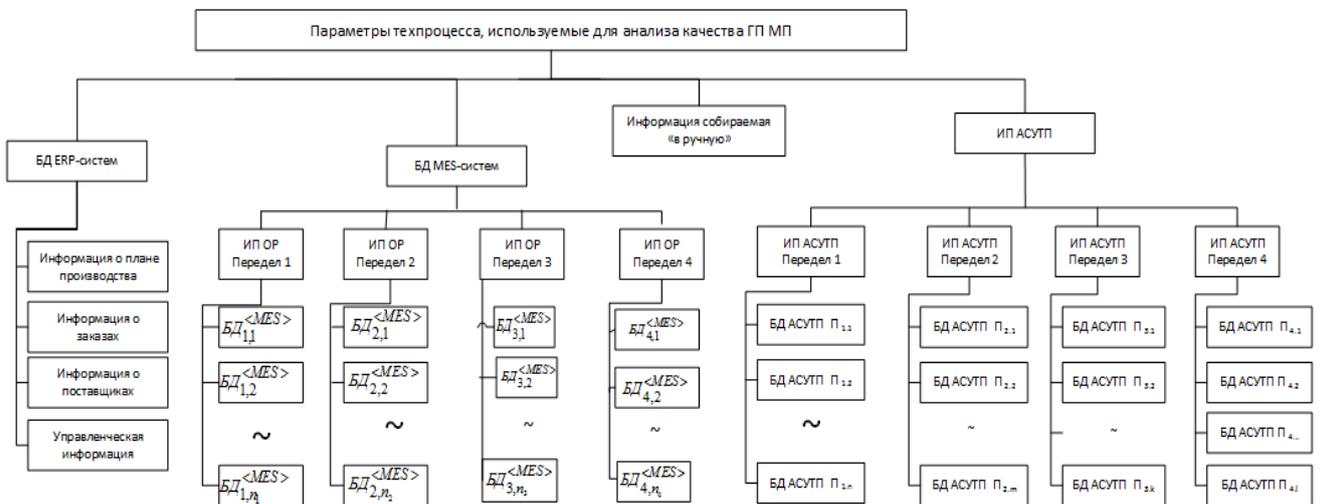


Рисунок 2.14 Структурная схема ИИ МП

Из рис. 2.14. видно, что необходимо обеспечить технологов, устанавливающих причины брака, информацией, хранящейся в БД ИС различного ERP, MES, АСУ ТП. Для подтверждения предложенной в главе 1 классификации ИП, рассмотрим ИП производственного процесса, реализуемого на стане 2000 [1], отметив при этом, что помимо информационных параметров производственного процесса и продукции, здесь также

используются информационные системы электронного документооборота, сопровождающего производственный процесс.

Таблица 2.1

Режимы нагрева слэбов в методической печи стана 2000 НМЛЗ [80]

Сталь	Температура по зонам, печи °С			Толщина слэба, мм	Время нагрева (не менее), ч-мин
	в 1-й сварочной	во 2-й сварочной	в томильной		
Ст08кп, Ст2кп, Ст3кп	$\frac{1280 - 1400}{1250 - 1350}$	$\frac{1350 - 1480}{1280 - 1340}$	1280 – 1300	165 185-200 220 240	1-50 2-15 2-30 2-40
17ГС, 17Г1С	$\frac{1280 - 1360}{1250 - 1340}$	$\frac{1360 - 1480}{1280 - 1340}$	1260 – 1280	240	2-50
09Г2	$\frac{1280 - 1360}{1250 - 1340}$	$\frac{1360 - 1480}{1280 - 1340}$	1260 – 1300	200	2-30
Ст2сп, Ст3сп, Ст10, Ст20, Ст15	$\frac{1280 - 1410}{1250 - 1350}$	$\frac{1350 - 1480}{1280 - 1340}$	1260 – 1300	240	2-20
17Г2СФ	$\frac{1180 - 1250}{1180 - 1250}$	$\frac{1360 - 1450}{1260 - 1340}$	1260 – 1380	240	3-20

Примечание. Числитель – температура верха, знаменатель – температура низа.

В таблицах 2.1 – 2.3 перечисленные ИП можно отнести:

- к статическим данным: справочник стали;
- к квазидинамическим данным: толщина слэба и время нагрева;
- к динамическим данным – температура нагрева слэба в текущий момент времен.

Таблица 2.2

Количественная оценка информационных параметров

Параметр	Количество статических параметров	Количество квазидинамических параметров	Количество динамических параметров	Общее число контролируемых параметров
Перечень регистрируемых параметров прокатки и слежения за металлом на линии стана 2000	10	56	97	163
Параметры слэба	23	39	22	84

Из таблицы 2.2 видно, что общее число контролируемых параметров машины НЛЗ оказывается равным 163 ( 10 статических параметров, 56 квазидинамических параметров, 97 динамических параметров), общее число контролируемых параметров сляба – 84 (23 статических параметра, 39 квазидинамических параметра, 33 динамических параметра) (детализация в Приложении 2, Приложение 3), что подтверждает гетерогенную природу данных МП (ровно, как и любого другого этапа производства промышленной продукции). В этой связи понятно, что для решения задач анализа причин брака продукции МП и повышения ее качества необходимо перейти от использования автономных БД ERP, различных БД MES и БД АСУ ТП, к хранению информации в едином ХГД МП.

Рассмотрим документооборот, по сопровождению технологического процесса на стане 2000, который поддерживается цеховыми информационными системами.

Накладная на полуфабрикат должна быть оформлена в течении той же смены, в которую была произведена отгрузка данного полуфабриката и передана в цех получатель не позднее, чем за 1 час до окончания смены, кроме последней плавки переданной в ЛПЦ «горячим всадом».

При поступлении полуфабрикатов на склад слябов ЛПЦ уборщик г/к металла должен проверить:

- наличие электронной накладной на поступившие полуфабрикаты;
- наличие и четкость красочной маркировки, нанесенной на поступившие полуфабрикаты;
- соответствие фактического количества полуфабрикатов наличию количеству полуфабрикатов, указанному в накладных;
- наличие заявки на поступившие полуфабрикаты.

В том случае, если на полуфабрикатах отсутствует маркировка или фактическое количество полуфабрикатов не соответствует количеству, указанному в накладной, мастер склада слябов должен поставить в известность поставщика полуфабрикатов, который в течение двух часов должен восстановить маркировку или переделать электронную накладную.

Приемка и оформление поступивших полуфабрикатов производится только после устранения замечаний.

В том случае, если замечаний к сопроводительным документам на полуфабрикаты и самим полуфабрикатам нет, то поступившие полуфабрикаты принимаются в полном объеме в течении 1 часа после поступления.

На полуфабрикаты, не соответствующие назначению оформляется акт на возврат или акт на брак. Не принятые полуфабрикаты должны быть отправлены поставщику в

течение 1 часа, с момента оформления акта на возврат (акта на брак). Вначале полуфабрикаты должны быть приняты в полном объеме, а только затем оформляются акты на возврат.

По принятым полуфабрикатам фабрикор склада слябов ежемесячно вносит в АСУ «ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» информацию о местах выгрузки полуфабрикатов.

В случае поступления полуфабрикатов на железнодорожных платформах, вместе с полуфабрикатами должна быть передана накладная, подписанная материально ответственным лицом цеха отправителя.

В случае передачи полуфабрикатов из КП в ЛПЦ с помощью кранов (во второй пролет склада слябов ЛПЦ) в накладной должна содержаться информация о местонахождении отгруженных слябов на складе слябов ЛПЦ.

На стане 2000 осуществляются следующие процедуры по учету движения полуфабрикатов:

- а) Учет заданного и годного при прокатке на стане 2000;
- б) Учет отгрузки г/к рулонов сторонним цехам;
- в) Учет передач г/к рулонов со стана 2000 в отделение листоотделки;
- г) Учет переводов полуфабрикатов.

Учет заданного производства металла на стане 2000 осуществляется в рабочем месте АСУ «ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» «учет на выдаче из печей» оператором ЭВМ. На данном рабочем месте вводится информация, поступающая с постов управления № 1 и № 3, о фактической массе слябов, посаженных в нагревательные печи.

Ввод информации о слябах, передаваемых из нагревательных печей на стан 2000 (заданное стана 2000), осуществляется по мере посадки слябов в нагревательные печи печей. В заданное включаются только те слябы, которые переданы на стан 2000, «Возвраты» в состав заданного не включаются.

«Возвраты» после нагрева в нагревательных печах возвращаются на склад слябов и учитываются, по первоначальным шифрам (как слябы).

«Толстые недокаты» образовавшиеся на черновой группе стана 2000, так же исключаются из заданного стана 2000 и передаются на склад слябов и учитываются по первоначальным шифрам (как слябы).

Учет годного на стане 2000 осуществляется в рабочем месте АСУ «ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» «учет на первой и второй группе моталок» контролером ОТК ПУ-9.ПУ-10. На данном рабочем месте вводится информация о фактической массе г/к рулонов, переданных в отделение листоотделки ЛПЦ и ПХЛ.

Учет заданного и годного на стане 2000 осуществляется в фактическом весе.

При передаче г/к рулонов со стана 2000 в ООЛ или ПХЛ оформляется накладная (в электронном и бумажном виде), которая передается потребителю после прокатки последнего рулона из партии прокатки. Г/к рулоны, оставленные на доработку на стане 2000 в накладные не включаются, до момента их аттестации ОТК они числятся, как незавершенное производство стана 2000.

На доработанные рулоны, после аттестации ОТК, оформляется отдельная накладная (в электронном и бумажном виде), в которой указывается фактическая масса рулонов после доработки.

Накладная на полуфабрикаты, отгружаемые со стана 2000 в ПХЛ, передается в течение 1-го часа после отгрузки последнего рулона, входящего в партию прокатки.

Рулонам с назначением в ООЛ или ПХЛ, оставленным на доработку на стане 2000, присваивается номер партии отличный от номера партии прокатки, который указан в электронной накладной на г/к рулоны, аттестованные с первого предъявления контролерами ОТК на моталках стана 2000.

До момента оформления переданных со стана 2000 полуфабрикатов у потребителей, эти полуфабрикаты учитываются на балансе стана 2000. Все мероприятия по определению местонахождения полуфабрикатов, не поступивших по назначению (указанному в электронных накладных, выписанных контролерами ОТК на моталках стана 2000) осуществляются силами работников стана 2000 под руководством сменного мастера стана.

Основанием для принятия мер по определению местонахождения полуфабрикатов, не поступивших по назначению, является сообщение о том, что у потребителя (ООЛ ЛПЦ, ПХЛ) количество фактически поступивших полуфабрикатов не соответствует количеству полуфабрикатов, указанному в накладной.

В течение смены, в которую поступило сообщение, сменный руководитель стана 2000 должен выяснить причину расхождения:

- в ООЛ на УГКР поступили рулоны с назначением в ПХЛ;
- рулоны с назначением в ООЛ ошибочно отправлены в ПХЛ;
- рулоны с назначением в ООЛ оставлены на доработку на стане 2000.

Перечень мероприятий, осуществляемых в случае ошибочной отправки г/к рулонов с назначением «в листоотделку ЛПЦ» в ПХЛ.

В случае поступления в ПХЛ г/к рулонов с назначением «в листоотделку ЛПЦ» уборщик г/к металла ПХЛ обязан в течение часа после их поступления известить об этом контролера ОТК на моталках стана 2000 и сменного руководителя стана 2000.

После поступления информации из ПХЛ, контролер ОТК на моталках стана 2000 должен исключить эти рулоны из накладных в ООЛ и включить в накладные на передачу полуфабрикатов в ПХЛ, причем назначение г/к рулонов должно остаться прежним (ООЛ).

В ПХЛ на ошибочно поступившие г/к рулоны с назначением «в листоотделку ЛПЦ»:

- в течение смены после поступления должен быть оформлен «акт о приемке металла на ответственное хранение»;

- в течение 4-х суток с момента оформления «акта о приемке металла на ответственное хранение» (или после формирования вагонной нормы) эти рулоны должны быть возвращены на железнодорожных платформах на УГКР ЛПЦ. В момент отправки ж/д платформ из цеха, на отгружаемые рулоны оформляется «акт на возврат», в котором делается пометка «возврат из ответственного хранения».

Перечень мероприятий, осуществляемых в случае ошибочной отправки г/к рулонов с назначением «в ПХЛ» в ООЛ:

- уборщик г/к металла УГКР, в случае поступления г/к рулонов с назначением «в ПХЛ», обязан в течение часа после поступления известить об этом контролера ОТК на моталках стана 2000.

- контролер ОТК на моталках стана 2000 должен исключить эти рулоны из накладных в ПХЛ и включить в накладные, на передачу полуфабрикатов в ООП, причем назначение г/к рулонов должно остаться прежним «в ПХЛ».

На УГКР на ошибочно поступившие г/к рулоны с назначением в ПХЛ:

- в течение смены после поступления должен быть оформлен «акт о приемке металла на ответственное хранение».

- в течение 4-х суток с момента оформления акта о приемке металла на ответственное хранение (или после формирования вагонной нормы) эти рулоны должны быть отгружены на железнодорожных платформах в ПХЛ.

- в момент отправки ж/д платформ из цеха, на отгружаемые рулоны оформляется «акт на возврат».

Учет заданного и годного на стане 2000 осуществляется в фактическом весе.

Недокаты толщиной 100 мм, образовавшиеся на стане 2000 контролером ОТК на моталках стана 2000 аттестуются по первоначальному назначению, как годный продукт. При отгрузке тонких недокатов в отходы, контролером ОТК на моталках стана 2000 на них оформляется акт на брак. При отгрузке тонких недокатов в качестве товарной продукции, контролером ОТК на моталках стана 2000 оформляется перевод недокатов в листовую заготовку.

В случае получения из одной партии прокатки полуфабрикатов с различной толщиной, все полученные г/к рулоны сначала оформляются по первоначальному назначению, указанном в посадочном листе. Затем, на основании данных ОТК, осуществляется перевод полуфабрикатов в другое назначение.

Информация о полученных выходных полуфабрикатах с различными шифрами из входного полуфабриката с одним и тем же шифром, отражается в суточном рапорте по производству.

Полуфабрикаты, поступившие из сталеплавильных цехов на склад слябов, ЛПЦ и предназначенные для ЛПЦ, могут быть переведены в другую марку стали по решению ОТК и планово-распорядительного бюро (ПРБ) ЛПЦ. Данное решение принимается на основании данных входного контроля ЛПЦ и имеющихся заказов ЛПЦ. Перевод полуфабрикатов, предназначенных для производства подката другим цехам, может производиться только по согласованию с этими цехами.

Полуфабрикаты стана 2000 поступившие в отделение листоотделки и заданные в обработку (на АПР, на доработку в УГКР, на рассортировку и т.п.), могут быть переведены в другую марку стали по решению ПРБ и ОТК. Факт перевода фиксируется в АСУПП контролером ОТК. Основанием для принятия данного решения является наличие заказов.

Один раз в неделю информация об осуществленных переводах распечатывается в виде «Акта на переводы», который подписывается работниками ПРБ, ОТК и сменными руководителями стана 2000.

После аттестации наплавленных слябов, они передаются на стан 2000 или отгружаются в другие цеха прокатного производства. На отгружаемые слябы мастером участка оформляется накладная в электронном и бумажном виде.

В случае отгрузки наплавленных слябов в другие прокатные цеха (ОЦ, ЛПЦ-1), железнодорожные платформы с наплавленными слябами должны быть отправлены из цеха в течение 1-го часа после передачи накладной в цех-потребитель.

#### Учет движения металла в отделении листоотделки

В отделении листоотделки (ООП) осуществляются следующие процедуры по учету движения полуфабрикатов:

- а) Учет поступления полуфабрикатов/изделий на склад горячекатаных рулонов.
- б) Учет заданного и годного на участке горячекатаных рулонов УГКР ООЛ.
- в) Учет заданного и годного на участке АПР ООЛ.
- г) Учет отгрузки г/к рулонов цехам Общества.
- д) Учет брака, образующегося в ООЛ.
- е) Учет переводов полуфабрикатов.

Учет заданного и годного на складе готовой продукции.

На складе готовой продукции поступившие полуфабрикаты, по решению ОТК могут быть подвергнуты рассортировке, зачистке, доработке.

Учет заданного и годного при рассортировке полуфабрикатов.

Рассортировка – процесс разделения пачки листов на годную продукцию и окончательный брак. Рассортировке подвергаются пачки листовых заготовок (нарезаемых из наружных витков г/к рулонов, с которых отбирались пробы для контроля качества поверхности) из первого листоукладчика АПР-2,3,4.

Бригадир СГП ежемесячно в наличии пачек г/к листов находящихся на складе СГП, с назначением на рассортировку, отмечает пачки, рассортированные течение смены (используя интерфейс АСУ «ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»). При этом он руководствуется заданием на рассортировку, сформированным работниками ПРБ.

После рассортировки и взвешивания полученных г/к пачек листов, контролер ОТК вводит в АСУ «ОСНОВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» информацию о фактической массе и новом назначении, полученных полуфабрикатов/изделий. На основании введенной информации автоматически создается новый электронный документ «формировочная», в котором содержится информация о полученных в результате рассортировки полуфабрикатах.

Таким образом, рассмотренный пример подтверждает, что технологическая информация, относящаяся к цеховому уровню, в котором реализуется единственный производственный процесс, оказывается разнородной, гетерогенной по своей природе. Как следствие, возникает самостоятельная нетривиальная задача обеспечения поиска требуемой гетерогенной информации в несвязанных друг с другом разнородных БД и других источниках, универсальных методов решения которой на сегодняшний день не существует. При этом понятно, что интегрировать информацию с подобной структурой с помощью методов, традиционно используемых в СУБД, не удастся.

В этой связи представляется целесообразным представляется целесообразным разработать технологию, обеспечивающую интеграцию всех данных МП, являющихся гетерогенными данными, в ХД, и его программную реализацию.

#### **2.4. Выводы по второй главе**

1. Проведен системный анализ информационных потоков, сопровождающих процесс выпуска продукции МП, результаты которого позволяют сделать вывод о том, что технологическая информация МП имеет гетерогенную структуру, изменяющуюся с течением времени.
2. Для решения задач анализа причин брака продукции МП и повышение ее качества необходимо перейти от использования автономных БД ERP, различных MES и АСУ ТП, к хранению информации в едином ХГД МП.

### ГЛАВА 3. Методология разработки единого ХД МП

Проведенный анализ особенностей МП показал, что на каждом из этапов жизненного цикла ЕП МП, используется уникальное оборудование и происходит изменение ее физико-химических свойств, которое приводит к тому, что данные о ЕП МП оказываются гетерогенными. В этой связи для научно обоснованного выбора принципов построения ХГД МП и выбора соответствующих технологических решений необходимо разработать обобщенную модель данных МП. Для этого, в свою очередь, необходимо обосновать базовые понятия, с помощью которых описать и систематизировать многообразие информационных потоков МП, а также взаимосвязи между данными потоками. В современной теории систем одним для решения данных задач применяется онтологический подход, использование которого рекомендуется ГОСТ Р ИСО 10 303 -11-2009 «Национального стандарта РФ. Системы автоматизации производства и их интеграции. Представление данных об этом изделии и обмен этими данными» [81].

В главе описана разработка модели гетерогенных данных МП на основе онтологического подхода.

#### 3.1. Разработка информационных моделей плана производства, готовой продукции, единицы продукции МП

Введем термины и определения, используемые для построения онтологического описания готовой продукции (ГП) МП, выпускаемой на МНЛЗ.

Будем называть планом производства документ, устанавливающий тип ГП МП, количество штучных или нештучных единиц продукции (ЕП) МП  $V$ , ФХС свойства ЕП МП –  $ЕП$  и временной интервал, в течение которого должен быть реализован выпуск ГП МП  $t = [t_{start}, t_{finish}]$ . Следовательно, ПП ГП (далее для краткости  $ПП$ ) с информационной точки зрения представляет собой кортеж:

$$ПП = \{ \text{Номер } ПП, T_{un} \text{ ГП}, \Phi X C \text{ ГП}, V, t \}, \quad (3.1)$$

где

*Номер ПП* – уникальный идентификатор ПП,

*T<sub>un</sub> ГП* – название (в соответствии с номенклатурой ГП МП) ГП,

*ФХС ГП* – физико-химические свойства ГП МП,

*V* – установленное ПП количество штучных или нештучных единиц продукции

(ЕП) МП;

$t = [t_{start}, t_{finish}]$  – временной интервал, в течение которого должен быть реализован выпуск ГП МП.

Будем называть ГП МП – совокупность единиц продукции (ЕП), произведенных в процессе выполнения данного плана производства (ПП). С информационной точки зрения ГП представляет собой кортеж

$$ГП = \{ \text{Номер ПП}, V, ЕП, t \}.$$

Здесь под ЕП, следуя [82], будем понимать «отдельный экземпляр штучной продукции или определенное в установленном порядке количество нештучной или штучной продукции (завершенной или находящейся в процессе изготовления)».

В связи с тем, что процесс изготовления ГП МП реализуется выполнением 4-х последовательных этапов:

1. подготовка производства;
2. доменное производство;
3. конверторное производство;
4. изготовление ГП на МНЛЗ,

ПП также можно рассматривать совокупность взаимосогласованных планов на каждом из этапов МП:

$$ПП = \{ ПП_1, ПП_2, ПП_3, ПП_4 \}, \quad (3.2)$$

здесь

$$ПП_1 = \{ \text{Номер ПП}, \text{Номер ПП}_1, \overline{\PhiХС}_{j_1}^{(1)}, V^{(1)}, t^{(1)} \}, \quad (3.3)$$

где

*Номер ПП*<sub>1</sub> – идентификатор ПП выпуска *ЕП*<sub>1</sub>,

$\overline{\PhiХС}_{j_1}^{(1)}$  –  $j_1 = \overline{1, J_1}$ , – множество  $\PhiХС$  *ЕП*<sub>1</sub>,  $J_1 = |\overline{\PhiХС}^{(1)}|$ ,

$V^{(1)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска *ЕП*<sub>1</sub>,

$t^{(1)} = [t_{start}^{(1)}, t_{finish}^{(1)}]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

*ЕП*<sub>1</sub>;

$$ПП_2 = \{ \text{Номер ПП}, \text{Номер ПП}_2, \overline{\PhiХС}_{j_2}^{(2)}, V^{(2)}, t^{(2)} \}, \quad (3.4)$$

где

*Номер ПП*<sub>2</sub> – идентификатор ПП выпуска *ЕП*<sub>2</sub>,

$$\overline{\PhiХС}_{j_2}^{(2)} - j_2 = \overline{1, J_2}, - \text{множество } \PhiХС \text{ } EP_2, J_2 = \left| \overline{\PhiХС}^{(2)} \right|,$$

$V^{(2)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $EP_2$ ,

$t^{(2)} = \left[ t_{start}^{(2)}, t_{finish}^{(2)} \right]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

$EP_2$ ;

$$ПП_3 = \left\{ \text{Номер } ПП, \text{Номер } ПП_3, \overline{\PhiХС}_{j_3}^{(3)}, V^{(3)}, t^{(3)} \right\}, \quad (3.5)$$

где

$\text{Номер } ПП_3$  – идентификатор ПП выпуска  $EP_3$ ,

$$\overline{\PhiХС}_{j_3}^{(3)} - j_3 = \overline{1, J_3}, - \text{множество } \PhiХС \text{ } EP_3, J_3 = \left| \overline{\PhiХС}^{(3)} \right|,$$

$V^{(3)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $EP_3$ ,

$t^{(3)} = \left[ t_{start}^{(3)}, t_{finish}^{(3)} \right]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

$EP_3$ ;

$$ПП_4 = \left\{ \text{Номер } ПП, \text{Номер } ПП_4, \overline{\PhiХС}_{j_4}^{(4)}, V^{(4)}, t^{(4)} \right\}, \quad (3.6)$$

где

$\text{Номер } ПП_4$  – идентификатор ПП выпуска  $EP_4$ ,

$$\overline{\PhiХС}_{j_4}^{(4)} - j_4 = \overline{1, J_4}, - \text{множество } \PhiХС \text{ } EP_4, J_4 = \left| \overline{\PhiХС}^{(4)} \right|,$$

$V^{(4)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $EP_4$ ,

$t^{(4)} = \left[ t_{start}^{(4)}, t_{finish}^{(4)} \right]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

$EP_4$ .

Соответственно, ЕП МП есть совокупность информации, характеризующей ЕП на каждом из этапов МП:

$$EP = \{ EP_1, EP_2, EP_3, EP_4 \}, \quad (3.7)$$

здесь

$$EP_1 = \{ \text{Номер } ПП_1, \overline{\PhiХС}_{i_1}^{(1)}, \text{ППП}_{k_1}^{(1)}, \overline{\PhiХС}_{j_1}^{(1)}, V^{(1)}, t^{(1)} \}, \quad (3.8)$$

где

$\overline{\PhiХС}_{i_1}^{(1)}$ ,  $i_1 = \overline{1, I_1}$  – множество значений  $\PhiХС$  компонентов, используемых для производства  $EP_1$ ,  $I_1 = \left| \overline{\PhiХС}^{(1)} \right|$ ,

$\overline{ПТП}_{k_1}^{(1)}$ ,  $k_1 = \overline{1, K_1}$  – множество значений параметров технологических процессов (ПТП), реализованных для производства  $ЕП_1$ ,  $K_1 = |\overline{ПТП}^{(1)}|$ ,

$\overline{ФХС}_{j_1}^{(1)}$ ,  $j_1 = \overline{1, J_1}$ , – множество ФХС  $ЕП_1$ ,  $J_1 = |\overline{ФХС}^{(1)}|$ ,

$V^{(1)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $ЕП_1$ ,

$t^{(1)} = [t_{start}^{(1)}, t_{finish}^{(1)}]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

$ЕП_1$ ;

$$ЕП_2 = \{ \text{Номер } ПП_2, ЕП_1, ФХС_{i_2}^{(2)}, \overline{ПТП}_{k_2}^{(2)}, \overline{ФХС}_{j_2}^{(2)}, V^{(2)}, t^{(2)} \}, \quad (3.9)$$

где

$ФХС_{i_2}^{(2)}$ ,  $i_2 = \overline{1, I_2}$  – множество значений ФХС компонентов, используемых для производства  $ЕП_2$ ,  $I_2 = |\overline{ФХС}^{(2)}| \geq I_1$ ,  $\{\overline{ФХС}^{(1)}\} \in \{\overline{ФХС}^{(2)}\}$ ,

$\overline{ПТП}_{k_2}^{(2)}$ ,  $k_2 = \overline{1, K_2}$  – множество значений ПТП, реализованных для производства  $ЕП_1$ ,  $K_2 = |\overline{ПТП}^{(2)}|$ ,

$\overline{ФХС}_{j_2}^{(2)}$ ,  $j_2 = \overline{1, J_2}$ , – множество ФХС  $ЕП_2$ ,  $J_2 = |\overline{ФХС}^{(2)}|$ ,

$V^{(2)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $ЕП_2$ ,

$t^{(2)} = [t_{start}^{(2)}, t_{finish}^{(2)}]$  – временной интервал, в течение которого был реализован

выпуск  $ЕП_2$ ;

$$ЕП_3 = \{ \text{Номер } ЕП_3, ФХС_{i_3}^{(3)}, \overline{ПТП}_{k_3}^{(3)}, \overline{ФХС}_{j_3}^{(3)}, V^{(3)}, t^{(3)} \}, \quad (3.10)$$

где

$ФХС_{i_3}^{(3)}$ ,  $i_3 = \overline{1, I_3}$  – множество значений ФХС компонентов, используемых для производства  $ЕП_3$ ,  $I_3 = |\overline{ФХС}^{(3)}|$ ,  $\{\overline{ФХС}^{(2)}\} \in \{\overline{ФХС}^{(3)}\}$ ,

$\overline{ПТП}_{k_3}^{(3)}$ ,  $k_3 = \overline{1, K_3}$  – множество значений ПТП, реализованных для производства  $ЕП_3$ ,  $K_3 = |\overline{ПТП}^{(3)}|$ ,

$\overline{ФХС}_{j_3}^{(3)}$ ,  $j_3 = \overline{1, J_3}$ , – множество ФХС  $ЕП_3$ ,  $J_3 = |\overline{ФХС}^{(3)}|$ ,  $\{\overline{ФХС}^{(3)}\} \in \{\overline{ФХС}^{(2)}\}$ ,

$V^{(3)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $ЕП_3$ ,

$t^{(3)} = [t_{start}^{(3)}, t_{finish}^{(3)}]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

$EP_3$ ;

$$EP_4 = \{ \text{Номер ПП}_4, EP_3, \Phi X C_{i_4}^{(4)}, ППП_{k_4}^{(4)}, \overline{\Phi X C}_{j_4}^{(4)}, V^{(4)}, t^{(4)} \}, \quad (3.11)$$

где

$\Phi X C_{i_4}^{(4)}$ ,  $i_4 = \overline{1, I_4}$  – множество значений ФХС компонентов, используемых для производства  $EP_4$ ,  $I_4 = |\Phi X C^{(4)}|$ ,

$\{\overline{\Phi X C}^{(3)}\} \in \{\Phi X C^{(4)}\}$ ,  $ППП_{k_4}^{(4)}$ ,  $k_4 = \overline{1, K_4}$  – множество значений ППП,

реализованных для производства  $EP_4$ ,  $K_4 = |ППП^{(4)}|$ ,

$\overline{\Phi X C}_{j_4}^{(4)}$ ,  $j_4 = \overline{1, J_4}$ , – множество ФХС  $EP_4$ ,  $J_4 = |\overline{\Phi X C}^{(4)}|$ ,

$V^{(4)}$  – объем (в выбранных единицах измерения) выпуска  $EP_4$ ,

$t^{(4)} = [t_{start}^{(4)}, t_{finish}^{(4)}]$  – временной интервал, в течение которого был реализован выпуск

$EP_4$ .

Информационные деревья ПП и ГП МП, построенные в соответствии с (3.1)–(3.6) и (3.7)–(3.11), соответственно, представлены на рисунках 3.1, 3.2.

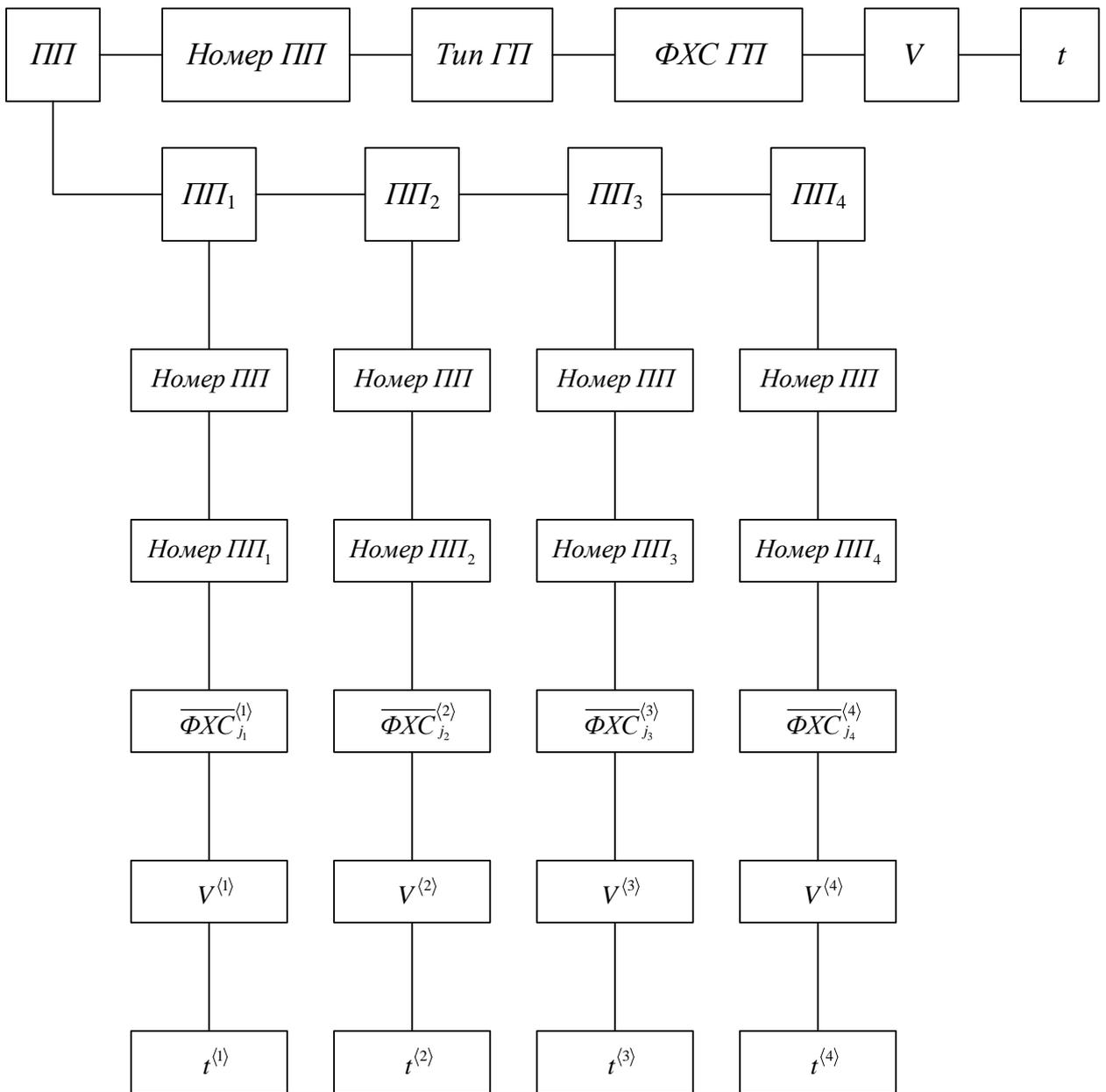


Рисунок 3.1. Информационное дерево ПП

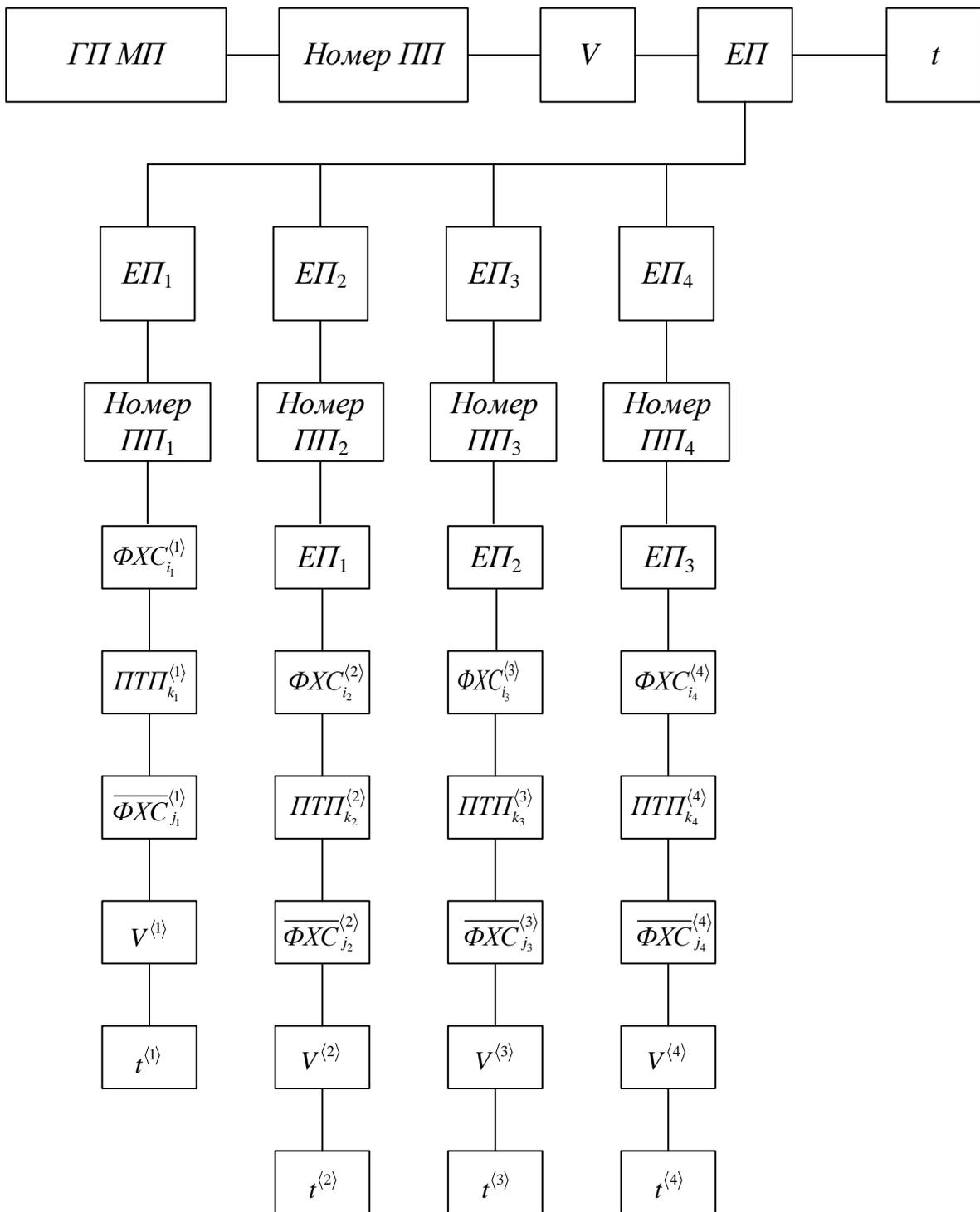


Рисунок 3.2. Информационное дерево ГП МП

Из рисунков 3.1, 3.2 видно, что ГП МП выбранное математическое описание ПП, ГП МП и ЕП МП позволяет описать процесс выпуска ГП МП, как единое целое. Действительно, в соответствие с заданным ПП, определяющим в соответствие с номенклатурой тип ГП МП (*Tun ГП*), ее ФХС (*ФХС ГП*) и установленное ПП количество штучных или нештучных единиц продукции (ЕП) МП *V*, формируется план выпуска ГП на

этапе изготовления ГП на МЛНЗ (ПП<sub>4</sub>), такой что обеспечивается выполнение следующих условий:

- 1) объем выпуска ЕП<sub>4</sub> равняется объему выпуска ГП, установленного ПП:

$$V^{(4)} = V;$$

- 2)  $\overline{\PhiХС}^{(4)}$  с заданной точностью соответствуют ФХС ГП, определенных в ПП:

$$\overline{\PhiХС}^{(4)} \approx \PhiХС ГП;$$

- 3) Время выпуска всего объема  $V^{(4)}$  ЕП<sub>4</sub> не превосходит времени изготовления ГП МП  $t_{finish}$ , установленного в ПП:

$$t_{finish}^{(4)} \leq t_{finish}.$$

Кроме того, определяются такие требования к  $\PhiХС^{(4)}$ , и соответственно, к  $\overline{\PhiХС}^{(3)}$ , чтобы обеспечить в выполнении требований 1–3.

Далее, исходя из ПП<sub>4</sub> формируется ПП<sub>3</sub>, в котором устанавливаются требования к объему выпуска ЕП<sub>3</sub>  $V^{(3)}$ ,  $\overline{\PhiХС}^{(3)}$ ,  $t^{(3)}$  такие, чтобы обеспечить обеспечивающие выполнение следующих условий 1–3. Кроме того, определяются такие требования к  $\PhiХС^{(3)}$ , и соответственно, к  $\overline{\PhiХС}^{(2)}$ , чтобы обеспечить в выполнении требований 1–3.

Аналогично, принимая во внимание ПП<sub>3</sub>, формируют ПП<sub>2</sub>, в котором устанавливаются требования к объему выпуска ЕП<sub>2</sub>  $V^{(2)}$ ,  $\overline{\PhiХС}^{(2)}$ ,  $t^{(2)}$  такие, чтобы обеспечить обеспечивающие выполнение следующих условий 1–3. Кроме того, определяются такие требования к  $\PhiХС^{(2)}$ , и соответственно, к  $\overline{\PhiХС}^{(1)}$ , чтобы обеспечить в выполнении требований 1–3.

Затем, исходя из ПП<sub>2</sub> формируется ПП<sub>1</sub>, в котором устанавливаются требования к объему выпуска ЕП<sub>1</sub>  $V^{(1)}$ ,  $\overline{\PhiХС}^{(1)}$ ,  $t^{(1)}$  такие, чтобы обеспечить обеспечивающие выполнение следующих условий 1–3. Кроме того, определяются такие требования к  $\PhiХС^{(1)}$ , чтобы обеспечить в выполнении требований 1–3.

Таким образом, соотношение между ПП<sub>1</sub>, ПП<sub>2</sub>, ПП<sub>3</sub>, ПП<sub>4</sub> и ПП можно представить в виде следующей системы рекурсивных функций:

$$\begin{aligned}
ПП_4(ПП) &= \{EP^{(4)}(EP), V^{(4)}(EP), t^{(4)}(t)\}, \\
ПП_3(ПП_4) &= \{EP^{(3)}(EP^{(4)}), V^{(3)}(V^{(4)}), t^{(3)}(t^{(4)})\}, \\
ПП_2(ПП_3) &= \{EP^{(2)}(EP^{(3)}), V^{(2)}(V^{(3)}), t^{(2)}(t^{(3)})\}, \\
ПП_1(ПП_2) &= \{EP^{(1)}(EP^{(2)}), V^{(1)}(V^{(2)}), t^{(1)}(t^{(2)})\},
\end{aligned} \tag{3.12}$$

соответственно, ЕП:

$$\begin{aligned}
EP(ПП) &= \{EP_1(EP_2(EP_3(EP_4(ПП_4(ПП))))), \\
&EP_2(EP_3(EP_4(ПП_4(ПП)))), \\
&EP_3(EP_4(ПП_4(ПП))), \\
&EP_4(ПП_4(ПП))\}.
\end{aligned} \tag{3.13}$$

Из (12), (13) видно:

1. информация о ПП ГП МП и ЕП МП, являющаяся, как было отмечено выше, гетерогенной информацией, имеет четырехслойную структуру – 4 уровня вложенности;
2. информацию о ПП и ЕП МП, имеющие одинаковые структуры, можно хранить в единой информационной структуре.

Примем во внимание, что на  $i$ -ом переделе МП причиной реализации соответствующего технологического процесса является некоторое событие  $C_i$ , возникающие в процессе выпуска  $EP_i$  (например, поступление  $EP_{i-1}$  с предыдущего передела, возврат продукции  $EP_i$  в случае обнаружения брака на один из предыдущих переделов и т.д.) и фиксирующееся соответствующей ИС, причиной возникновения которого является источник события  $ИИ_i$ .

Описанные особенности структур информации, характеризующей процесс производства ГП МП, позволяют сделать вывод о том, структура ХД, наряду с описанными выше информационными структурами, должна обеспечивать хранение информации, представляющейся триплетом «событие, ЕП, источник»:

$$DEP_i = \langle C_i, EP_i, R_i \rangle, \tag{3.14}$$

который описывает «динамику»  $EP_i$ .

Отметим, что, в свою очередь, событие  $C_i$  может иметь сложную структуру, зависящую от типа события, так как существуют события, требующие внимание со стороны специалистов (руководителей, технологов и т.д.) МП, которые будем называть «инцидентами». Инцидент характеризуется:

- датой и временем возникновения;
- типом инцидента (формализованное определение наблюдаемого отклонения, реализуется как ссылка на справочник);
- привязкой к ЕП (набор ЕП, связанных с данным инцидентом);
- параметром, по которому зафиксирован инцидент;
- степень серьезности (по пятибалльной шкале);
- причиной (формализованный текст из справочника причин, реализуется как ссылка на справочник);

Источниками инцидентов являются.

а) Системы верификации данных, выявляющие аномалии в собранных данных, обусловленные возникающими техническими и/или организационными проблемами. Например, инциденты фиксируются, когда полученные данные о МП противоречат здравому смыслу. Этот источник реализует широкий спектр проверок входных данных системы от значений null в обязательных атрибутах ЕП до некорректных номеров ЕП и т.п.

б) Системы мониторинга технологий. Инциденты контроля технологии фиксируются, когда любой нормируемый параметр любой ЕП не укладывается в нормативные границы.

в) Система статистического контроля технологических процессов, фиксирующие инциденты на основе статистического контроля технологических процессов, например, с помощью карт Шухарта.

г) Персонал МП, в случаях принятия тех или иных ошибочных решений на каком-либо этапе МП.

Информация о данном инциденте заносится в «Журнал инцидента», в котором описывается весь жизненный цикл инцидента от его возникновения до закрытия. Каждая запись в журнале – либо изменение какого-либо свойства инцидента (статус, ответственный и пр.), либо текстовый комментарий, оставленный пользователем. По каждой записи журнала хранится дата/время и субъект-автор данного изменения. Удаление и редактирование старых записей через пользовательский интерфейс не предусматривается.

Информационное дерево ДЕП представлено на рис. 3.3

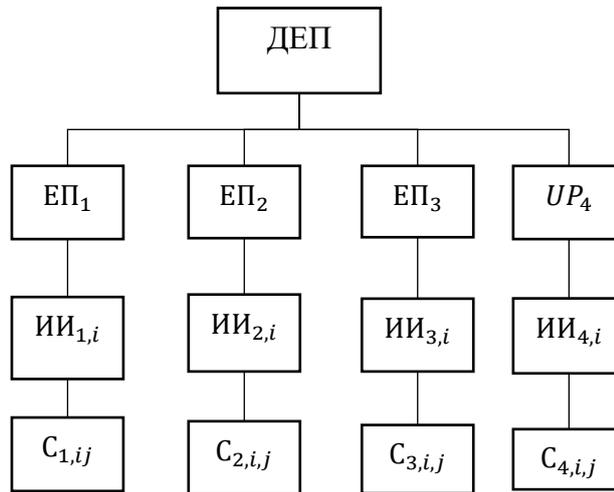


Рис. 3.3 Информационное дерево ДЕП

Таким образом, структура информации о ГП МП, размещаемая в едином ХД, определяется структурами ПП, ЕП, ДЕП, которые, как видно, из рис. 3.1–3.3, оказываются взаимосвязанными друг с другом.

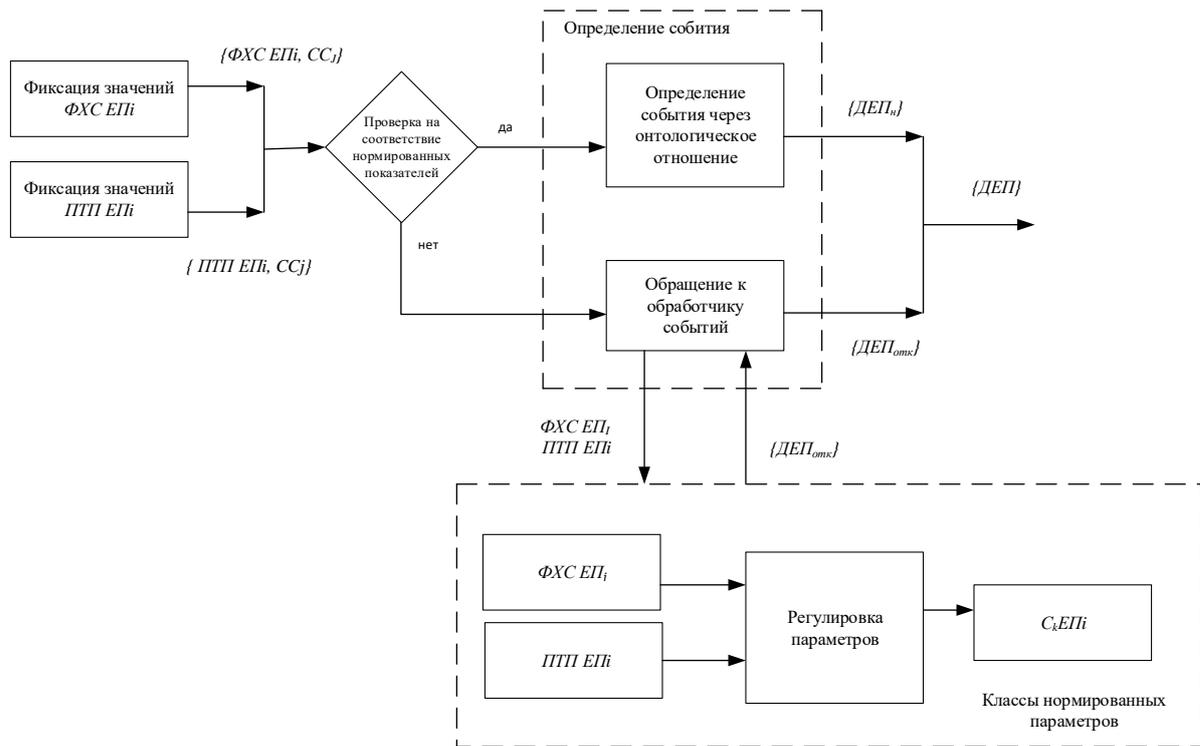


Рисунок 3.4. Схема связи между параметрами и событиями в ХГД МП

В этой связи необходимо разработать онтологическую модель ПП, ЕП, ДЕП и на их основе онтологическую модель ГП МП, обеспечивающую учет взаимосвязей гетерогенных информационных моделей МП.

При построении онтологической модели ЕП примем во внимание, что получаемые значения параметров ФХС и ПТП ЕП на  $i$ -ом переделе проверяются на соответствие нормированным значениям и связываются с обработчиком события  $\{\text{ФХС ЕП}_i, \text{СС}_i\}$ ,  $\{\text{ПТП}$

$EP_i, CC_i$ . Обработка события определяется правилами онтологического описания [83-88]: если значения, полученные с  $i$ -го передела, соответствуют или не превышают разрешенный допуск по данному параметру, то формируется структура хранения по полученному событию  $\{ДЕП_n\}$ . Случаи, в которых полученные значения параметров не соответствуют нормированным или превышают допустимые отклонения, фиксируется специалистами предприятия и определяются как инциденты. Данные события фиксируются  $\{ДЕП_{отк}\}$  и также информация о них записывается в ХГД МП, в том числе для анализа причин отклонения на данном этапе производства.

### 3.2. Разработка онтологических моделей плана производства, готовой продукции, единицы продукции МП

#### Компоненты онтологической модели

Под *компонентом  $EP_i$*  будем понимать список всех типов ЕП МП. Каждая ЕП МП содержит сведения обо всех параметрах, характеризующих ЕП МП данного типа (например, номер маршрутной карты, номер операционной карты и т.п., а также тип ЕП: плавка, сляб, полоса, лист, рулон и т.д.).

Под *атрибутом* ЕП МП будем понимать данные, относящиеся к ЕП МП, в целом. Обычно атрибуты являются скалярными величинами, так как для данной ЕП оказывается определенным единственное значение атрибута. Например, в КП плавки чугуна многократно происходят в одних и тех же агрегатах. Однако на практике в ряде случаев имеют место отступления от действующих нормативов, например, от плавки к плавке может изменяться расход газа на продувку конвертера. В результате значение данного показателя оказывается уникальным для каждой ЕП.

Также отметим, что возможны ситуации, в которых атрибуты имеют размерность больше единицы. Это зависит от истории конкретной ЕП и от формулировки соответствующего информационного запроса. Например, средняя температура смотки горячекатанного рулона – это скаляр, но у горячекатанного полуторного рулона (рулона, составленного из двух рулонов, прокатанных независимо друг от друга) обсуждаемый параметр является вектором, содержащим значения температур каждого из рулонов.

Таким образом, данные, размещаемые в едином ХД МП, имеет разнородную (гетерогенную), изменяющуюся с течением времени структуру. В этой связи необходимо выбрать технологии управление ХД, обеспечивающие динамическое изменение структуры ХГД МП, при одновременном сохранении доступности ранее размещенных данных. Такой способ предполагает возможность динамического (т.е. во время работы системы, после ее

запуска) добавления источников и параметров, а также динамического создания таблиц для хранения гетерогенных данных. Например, параметров технологических процессов (ПТП) с потенциально большим количеством колонок.

При использовании этого подхода наряду с данными хранится и описание их структуры. Данный подход имеет следующие преимущества. С одной стороны, сбор данных происходит в таблицы, что позволяет быстро сохранять блоки данных без их разбора. С другой стороны, описание структуры таблиц делает возможным дальнейшее преобразование ГД, например, разбор блоков и представление информации для анализа в «вертикальном» виде. Кроме того, описание структуры можно использовать при извлечении выборок и т.д. Разбор блоков данных обеспечивается тем, что кроме столбцов для хранения параметров в структуре таблиц присутствуют столбцы-идентификаторы (например, номер ЕП, время, металлургическая длина, ID параметра и т.п.).

Под **компонентом ФХС** будем понимать физико-химические свойства ЕП МП, являющиеся параметрами, среди которых необходимо различать заданные, измеряемые и расчетные параметры.

ФХС ЕП на данном переделе МП определяют в момент начала реализации соответствующего технологического процесса МП  $t_{start}$  и далее после его завершения в момент времени  $t_{finish}$ .

Отметим, что существует статическая информация, которая изменяется достаточно редко (например, материалы, марки стали, химические элементы, причем марки стали и химические элементы связаны отношением (состав марок стали)). В этой связи для хранения данной информацию целесообразно использовать справочники.

Наблюдаемые значения параметров ЕП МП сравниваются с данными, содержащими в справочнике «Правила нормирования», в котором определены следующие типы правил: больше  $min$ , меньше  $max$ , от  $min$  до  $max$ . Далее по справочнику «Шаг правила нормирования» проверяется применимость данного правила. Например, содержание углерода в различных марках чугуна максимальное значение от 2.8 до 3.8%.

Список всех возможных операндов правила (идентификаторов и параметров описания ЕП МП) размещается в справочнике «Операнд правила нормирования». Как правило, в качестве операндов правила нормирования выступают параметры описания ЕП (номера маршрутных и операционных карт, толщины листов и т.п.) и некоторые собираемые параметры.

Под **компонентом ПТП** будем понимать множество значений показателей технологического процесса МП, достигнутых в процессе производства *ЕП*. Наиболее часто информация данного компонента представляет собой сигналы – данные, привязанные не

только к ЕП, но и ко времени или металлургической длине<sup>1</sup> (например, скорость вращения нижнего рабочего вала в черновой клети № 2). С информационной точки зрения сигналы представляют собой векторы произвольной размерности. В некоторых ситуациях сигнал представляет собой последовательность пар аргумент-значение (например, скорость вращения и время вращения). Однако, в ряде случаев значения компонентов ПТП являются скалярными величинами (например, металлургическая длина в ЛПЦ-2), которые привязаны к значениям металлургической длины (например, «температура и ЕП в конце прокатки»). Информация, относящаяся к данному компоненту ПТП представляет собой блоки данных, собираемых на соответствующем этапе МП с АСУ ТП в режиме реального времени.

В связи с тем, что все данные, созданные источником информации, должны быть привязанными к ID ЕП источник (например, на уровне БД цеха все данные, в конечном итоге, должны быть привязаны к ID в БД цеха), необходимо устанавливать соответствие между локальным ID ЕП источника информации и ID ЕП всех других источников информации о данной ЕП МП. Далее будем называть этот процесс процессом связыванием идентификаторов глобального и «локальных» идентификаторов ЕП.

Проиллюстрируем процесс связывания идентификаторов следующим примером. При возникновении события «Начата обработка новой ЕП» (поступившего от смежного агрегата, автоматики самого агрегата и т.д.) программное обеспечение агрегата (ПО агрегата) запрашивает у смежной системы (СКП или АСУ ТП) внешний идентификатор ЕП и (или) номер ЕП. Например, это может быть идентификатор ЕП, первой в очереди на данный агрегат. Если внешний идентификатор успешно получен, ПО агрегата устанавливает соответствие идентификаторов. Если внешний идентификатор ЕП получить не удалось, ПО агрегата приписывает все параметры только к локальному ID. Впоследствии, на основании данных о событиях с ЕП на агрегате, с одной стороны, и информации об очередях на агрегат, с другой стороны, производится попытка установки соответствия «локальный ID – внешний ID» (самим ПО агрегата или соответствующим приложением СКП). Следовательно, для реализации процесса связывания идентификаторов, нужно использовать «словарь», в котором описаны:

- источники данных;
- таблицы, хранящие параметры о ЕП;
- параметры ЕП;
- группы ЕП;
- идентификаторы ЕП;

---

<sup>1</sup> Металлургическая длина – это расстояние от уровня металла в кристаллизаторе до места, где происходит полное затвердевание металла

- события и преобразования с ЕП;
- нормируемые параметры;
- справочники, необходимые для работы информационной системы.

Права на заполнения данного «словаря» целесообразно предоставлять администратору ХГД МП, который определяет структуры таблиц, используемые для размещения данных о ЕП МП, и, при необходимости, их модифицирует, а также отвечает за правильность вносимой в них информации. Далее содержание «словаря» с помощью репликации транслируется на цеховой уровень. Отметим, что данный подход позволяет избежать большого количества избыточных таблиц, так как дает возможность использовать уникальные идентификаторы ЕП.

Под **компонентом  $V$**  будем понимать объем выпуска ЕП (в зависимости от этапа производства объем измеряется в тоннах, рулонах, штуках).

Под **компонентом  $t$**  будем понимать зафиксированные моменты времени событий процесса производства ЕП МП (начало и завершение технологического процесса на данном переделе). Данная информация является идентификатором данных при их записи данных в ХГД.

Под **компонентом  $III$**  будем понимать план производства готовой продукции (ПП ГП), который определяет на основании заключенных договоров по поставку ГП МП диапазоны возможных значений ее параметров и сроки их производства.

Под **компонентом ДЕП** будем понимать взаимосвязь событий, возникающих в процессе производства ЕП, фиксируемых в журнале инцидентов (дате и время возникновения инцидента, тип инцидента, автор-пользователь, создавший инцидент), по которому далее отслеживается вся цепочка последующих действий по его устранению.

### **Описание онтологической модели**

При построении онтологии модели хранения гетерогенных данных определяется в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10 303 -11-2009 «Национального стандарта РФ. Системы автоматизации производства и их интеграции. Представление данных об этом изделии и обмен этими данными» [89]. В данной работе руководствуемся частью 11 «Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS» стандарта, в котором регламентируется методика описания изделий на протяжении их жизненного цикла. Язык EXPRESS – это язык, разработанный для описания информации с динамически изменяющейся структурой в процессе жизненного цикла изделия, на основе спецификаций. Здесь основой для структурирования и взаимосвязи элементов представления данных об изделии является схема данных. В языке EXPRESS определены логические объекты, с помощью которых можно задать свойства, область допустимых значений и наложить те или

иные ограничения. Графические нотации конструкций языка EXPRESS T, называемые EXPRESS-G. В Edraw [90], введены в стандарте ИСО 10303-1. Для его практического использования создан программный инструмент Express-G Diagram.

В связи с тем, что базовым элементом является ЕП, необходимо описать структурную взаимосвязь сущностей ЕП МП. Структурная схема сущности «ГП МП» на языке графического представления EXPRESS-G представлена на рисунке 3.5.

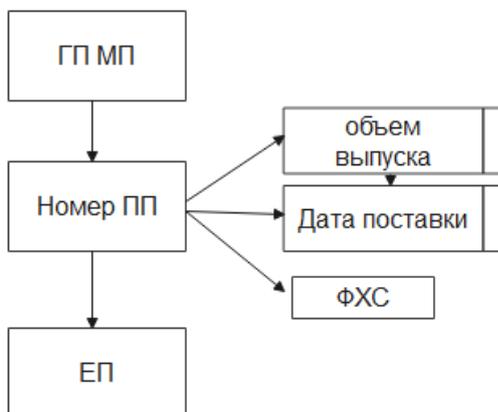


Рисунок 3.5. Структурная схема сущности «ГП МП»

Из рисунка 3.5 видно, что сущность «ГП МП», в которой на уровне атрибутов хранятся название, код номенклатуры, единицы измерения и др., связана с сущностями «Номер ПП» и «ЕП».

Сущность «Номер ПП» – номер плана производства, формируемого на основании заключенных договоров по ассортименту товара, имеет атрибуты, в которых содержится информация о типе и объеме заказанных ЕП, сроках их изготовления, а также ФХС ЕП. Данный атрибут является регламентирующим показателем при контроле выполнения договоров.

Сущность «ЕП» является связующей сущностью между различными структурными схемами.

Описание структурной схемы сущности «ГП МП», представленной на рисунке 3.5, на языке EXPRESS имеет вид:

```

SCHEMA ГП МП;
  ENTITY ГП МП;
  END_ENTITY;
  ENTITY Номер ПП
  SUBTYPE OF (ГП МП);
  Объем выпуска;
  Дата поставки;
  END_ENTITY
  ФХС ЕП
  END_ENTITY;
  
```

```

ENTITY ЕП
SUBTYPE OF (ГП МП);
END_ENTITY;
END_SCHEMA;

```

Структурная схема сущности «ЕП» на языке графического представления EXPRESS-G представлена на рисунке 3.6.

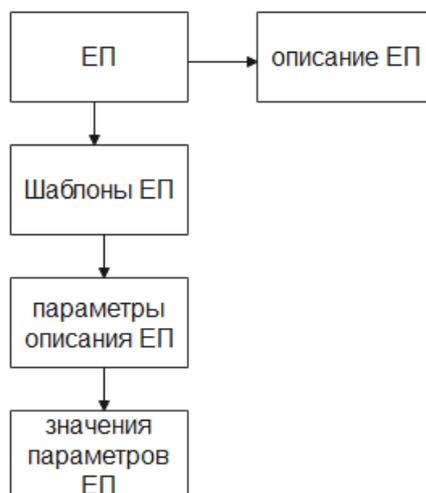


Рисунок. 3.6. Схема описание ЕП

Из рисунка 3.6 видно, что сущность «ЕП», в которой на уровне атрибутов хранится описание ЕП, связана с сущностями «шаблон ЕП», «параметры описания ЕП», значения параметров ЕП». Здесь сущность «шаблон ЕП» позволяет создавать и хранить макеты описания ЕП для различных производственных переделов; сущность «параметры описания ЕП» – на каждом переделе задавать собственный шаблон и хранить регламентированные спецификацией данный ЕП параметры; сущность «значения параметров ЕП» обеспечивает хранение значение параметров согласно спецификации, данной ЕП.

Описание структурной схемы сущности «ЕП», представленной на рисунке 3.6, на языке EXPRESS имеет вид:

```

SCHEMA описание_ЕП;
  ENTITY ЕП;
  END_ENTITY;
  ENTITY описание_ЕП
  SUBTYPE OF (ЕП);
  END_ENTITY;
  ENTITY шаблон_ЕП
  SUBTYPE OF (ЕП);
  END_ENTITY;
  ENTITY параметр_ЕП
  SUBTYPE OF (шаблон_ЕП);
  END_ENTITY;
  ENTITY значения_ЕП
  SUBTYPE OF (шаблон_ЕП);

```

END\_ENTITY;

END\_SCHEMA;

Структурная схема сущностей, используемых для формирования структуры ЕП на языке графического представления EXPRESS-G представлена на рисунке 3.7.

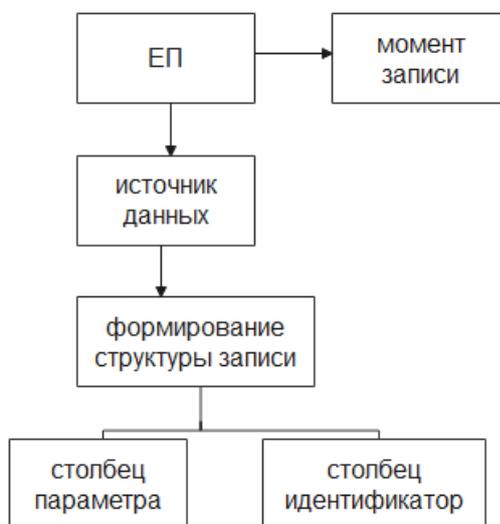


Рисунок. 3.7. Схема сущностей, используемых для формирования структуры ЕП

Из рисунка 3.7 видно, что процесс формирования структуры ЕП описывается помощью следующих сущностей: сущность «ЕП», сущность «момент записи», сущность «источник данных», сущность «формирование структуры записи», сущность «столбец параметра» и сущность «столбец идентификатор».

Сущность «ЕП» обеспечивает хранение данных о ЕП МП на уровне атрибутов будет описание ЕП.

Сущность «момент записи» обеспечивает хранение дата и времени событий, возникающих в процессе производства ГП МП, что позволяет привязать данные к соответствующему моменту жизненного цикла ЕП на различных производственных переделах.

Сущность «источник данных» обеспечивает сбор информации об источниках информации на каждом из переделов МП. (Напомним, что источником информации может быть информационная система, узел, агрегат или информация от пользователя на уровне цеха.)

Сущность «формирование структуры записи», атрибуты которой в зависимости от источника информации данные имеют различную структуру и скорость накопления данных, обеспечивает использование таблиц динамически изменяемой структурой атрибутов и типов данных.

Сущности «столбец параметра» и «столбец идентификатор» обеспечивают хранение и доступ к гетерогенными данным МП.

Описание структурной схемы процесса формирования структуры ЕП, представленной на рисунке 3.7, на языке EXPRESS имеет вид:

```
SCHEMA формирование_ЕП;  
ENTITY ЕП;  
END_ENTITY;  
  ENTITY момент_записи_ЕП  
  SUBTYPE OF (ЕП);  
END_ENTITY;  
  ENTITY источник_данных_ЕП  
  SUBTYPE OF (ЕП);  
END_ENTITY;  
  ENTITY формирование_структуры_записи_ЕП  
  SUBTYPE OF (ЕП);  
END_ENTITY;  
    ENTITY столбец_параметра  
    SUBTYPE OF (формирование_структуры_записи_ЕП);  
END_ENTITY;  
      ENTITY столбец_идентификатора  
      SUBTYPE OF (формирование_структуры_записи_ЕП);  
END_ENTITY;  
END_SCHEMA;
```

Схема сущностей, используемых для описания процесса хранения информации о событиях, происходящих в течение жизненного цикла ЕП МП, на языке EXPRESS-G представлена на рисунке 3.8.

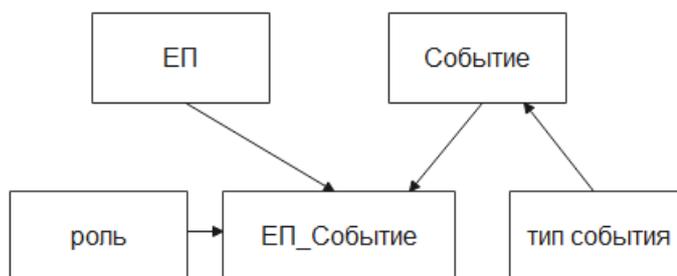


Рисунок. 3.8. Схема связей сущностей, используемых для описания процесса хранения данных о событиях, возникающих в процессе жизненного цикла ЕП

Из рисунка 3.8 видно, что схема связей сущностей, используемых для описания процесса хранения данных о событиях, возникающих в процессе жизненного цикла ЕП, описывается помощью следующих сущностей: сущность «событие», сущность «роль», сущность «тип события».

Сущность «событие» обеспечивает создание и хранение контрольных точек производственного процесса, в которых создается фиксируемая информация о ЕП МП (например, начало производства партии продукции, завершение производства партии продукции, отклонение параметром производственного процесса и другие факты).

Сущность «роль» обеспечивает фиксацию уровня, на котором фиксируется событие, и кем оно было зафиксировано.

Сущность «тип события» обеспечивает категоризацию событий.

Описание структурной схемы сущностей, используемых для описания процесса хранения данных о событиях, возникающих в процессе жизненного цикла ЕП, представленной на рисунке 3.8, на языке EXPRESS имеет вид:

```
SCHEMA Событие_ЕП;  
ENTITY ЕП;  
END_ENTITY;  
ENTITY Событие;  
END_ENTITY;  
    ENTITY ЕП_Событие  
    SUBTYPE OF (ЕП, Событие);  
END_ENTITY;  
    ENTITY тип_События  
    END_ENTITY;  
    ENTITY роль  
    END_ENTITY;  
END_SCHEMA;
```

Схема сущностей, используемых для описания процесса хранения информации о событиях, происходящих в течение жизненного цикла ЕП МП, на языке EXPRESS-G представлена на рисунке 3.9.

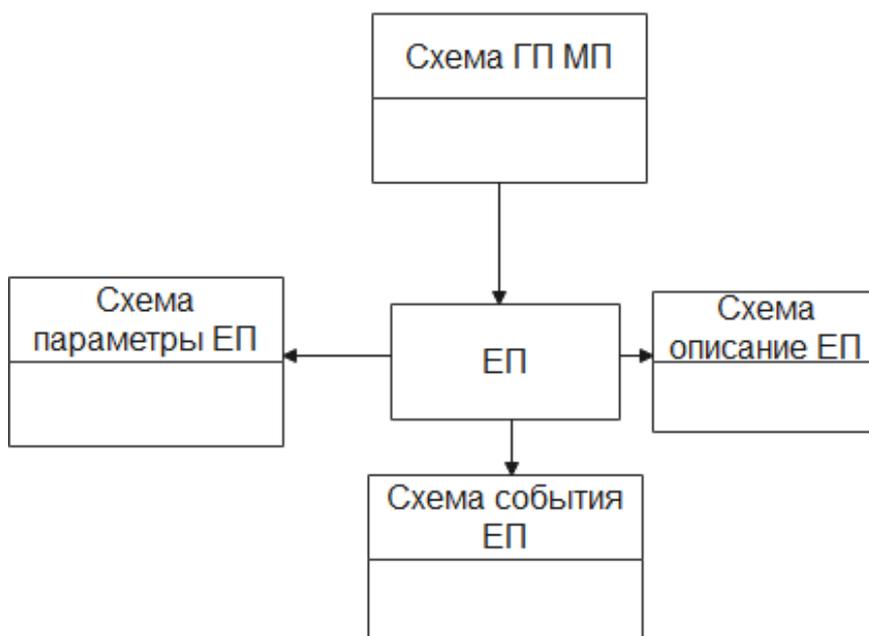


Рисунок. 3.9. Схема связей сущностей, используемых для описания схем атрибутов ЕП

Описание структурной схемы сущностей, используемых для описания схемы атрибутов ЕП, представленной на рисунке 3.9, на языке EXPRESS имеет вид:

```

SCHEMA связь_схем_ЕП;
ENTITY ЕП;
END_ENTITY;
SCHEMA ГП МП;
END_SCHEMA;
SCHEMA Схема параметры ЕП;
END_SCHEMA;
SCHEMA Схема описание ЕП;
END_SCHEMA;
SCHEMA Схемы события ЕП;
END_SCHEMA;
END_SCHEMA;

```

Построенная онтологической модель ГП МП позволяет сделать обоснованный вывод о том, что сущность «ГП МП» включает в себя следующие классы сущностей, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Свойства схем данных и классов сущностей для построения ХГД ЕП МП

Наименование схемы данных или класса сущности	Пояснение
Схема данных «ГП МП»	Объединение в схему классов сущностей информации, которая формируется в ERP-системах, на базе заключенных договорах и планах производства
Класс сущности «ГП МП»;	Содержит информацию о номенклатуре продукции предприятия
Класс сущности «Номер ПП»	Содержит информацию об объем выпуска продукции указанной номенклатуры, дате поставки по договору, перечислены требуемые физико-химические свойства заявленной продукции. Является подклассом сущности ГП МП
Класс сущности «ЕП»	Содержит идентификатор единицы продукции, который позволит индексировать данные об данной продукции на протяжении всего жизненного цикла. В нашем решении является связующим классом.
Схема данных «описания ЕП»	Объединение в схему данных сущностей, которые детализируют информацию об ЕП
Класс сущности «шаблон_ЕП»	Содержит привязку к справочнику, на основании которого задается шаблон ЕП. Класс сущности «шаблон_ЕП» является подклассом сущности «ЕП»
Класс сущности «параметр_ЕП»	Содержит данные о параметрах, которые соответствуют спецификации ЕП Класс сущности «парамет_ЕП» является подклассом сущности «шаблон_ЕП»
Класс сущности «значение_ЕП»	Содержит данные о допустимых значениях параметров об ЕП. Класс сущности «значение_ЕП» является подклассом сущности «шаблон_ЕП»
Схема данных «формирование_ЕП»	Объединение в схему данных сущностей, которой собирается информация из различных производственных информационных систем о производстве данного экземпляра ЕП

Класс сущности «ЕП»	Сформированный ранее класс сущности «ЕП», объединяет данные из ИС производства и индексирует полученные массивы данных.
Класс сущности «момент записи ЕП»	Фиксируется информация о дате и времени получения данных из других ИС
Класс сущности «формирование структуры записи ЕП»	Данный класс позволяет динамически формировать структуру данных, в зависимости от передаваемых параметров и их значений по данному экземпляру ЕП
Класс сущности «столбец_параметра»	Содержит данные об ЕП указанного параметра, которые передаются из различных ИС производства на протяжении всего жизненного цикла ЕП. Класс сущности «столбец_параметра» является подклассом сущности «структуры записи ЕП»
Класс сущности «столбец_идентификатора»	Содержит значения текущего параметра ЕП, которые передаются из различных ИС производства на протяжении всего жизненного цикла ЕП. Это могут быть данные различного типа: целочисленные значения, дробные значения, сигналы, блоки бинарных данных или кластеры не структурированных данных. Класс сущности «столбец_идентификатора» является подклассом сущности «структуры записи ЕП»
Схема данных «Событие ЕП»	Объединение в схему данных сущности, которые собирают информацию о событиях производственного цикла ЕП.
Класс сущности «ЕП»	Связующая сущность «ЕП», в том числе для определения событий об ЕП
Класс сущности «Событие»	Фиксирует факт появления события об ЕП. Под событием понимается фаз производственного цикла, инциденты, аварийные случаи и другие факты.
Класс сущности «тип События»	Классифицируется событие по типу и уровень реагирования на событие.
Класс сущности «роль»	Содержит информацию о том, кто зафиксировал событие и идентификация пользователя в системе.
Схема данных «итоговая_ЕП»	Объединение в схему данных схемы данных, описанные ранее, и объединяются через сущность «ЕП», в которой аккумулируется гетерогенная информация со всего жизненного цикла ЕП для дальнейшего анализа и формирования запросов.

Использование данных сущностей, как будет показано в следующем разделе, обеспечивает научное обоснование логической структуры единого ХГД МП, которое обеспечивает хранение и доступ к следующей гетерогенной информации:

- а) информации об источниках данных;
- б) информации о параметрах ЕП и способах их группировки;
- в) информации об идентификаторах;
- г) информации об описании ЕП;
- д) информации о событиях и преобразованиях ЕП;
- е) информации о группах ЕП;

- ж) информации о нормируемых параметрах;
- з) информации о субъектах системы;
- и) информации о действиях с субъектами системы;
- к) информации о связывании идентификаторов ЕП;
- л) справочной информации.

### 3.3. Разработка логической структуры ХГД МП

Далее для обоснования структуры единого ХГД МП на основе разработанных информационных моделей ПП, ГП МП, ЕП МП и их онтологических сущностей была разработана инфологическая модель ЕП МП, которая является ядром единого ХГД МП. Разработанная инфологическая модель представляет собой набор таблиц, используемых для хранения гетерогенных данных МП, и описание логических связей между ними.

#### Инфологическая модель ЕП

Фрагмент инфологическая модель блока «Параметры ЕП» и логические взаимосвязи между таблицами, обеспечивающего хранение гетерогенных данных о параметрах ЕП МП представлена на рисунке 3.10.

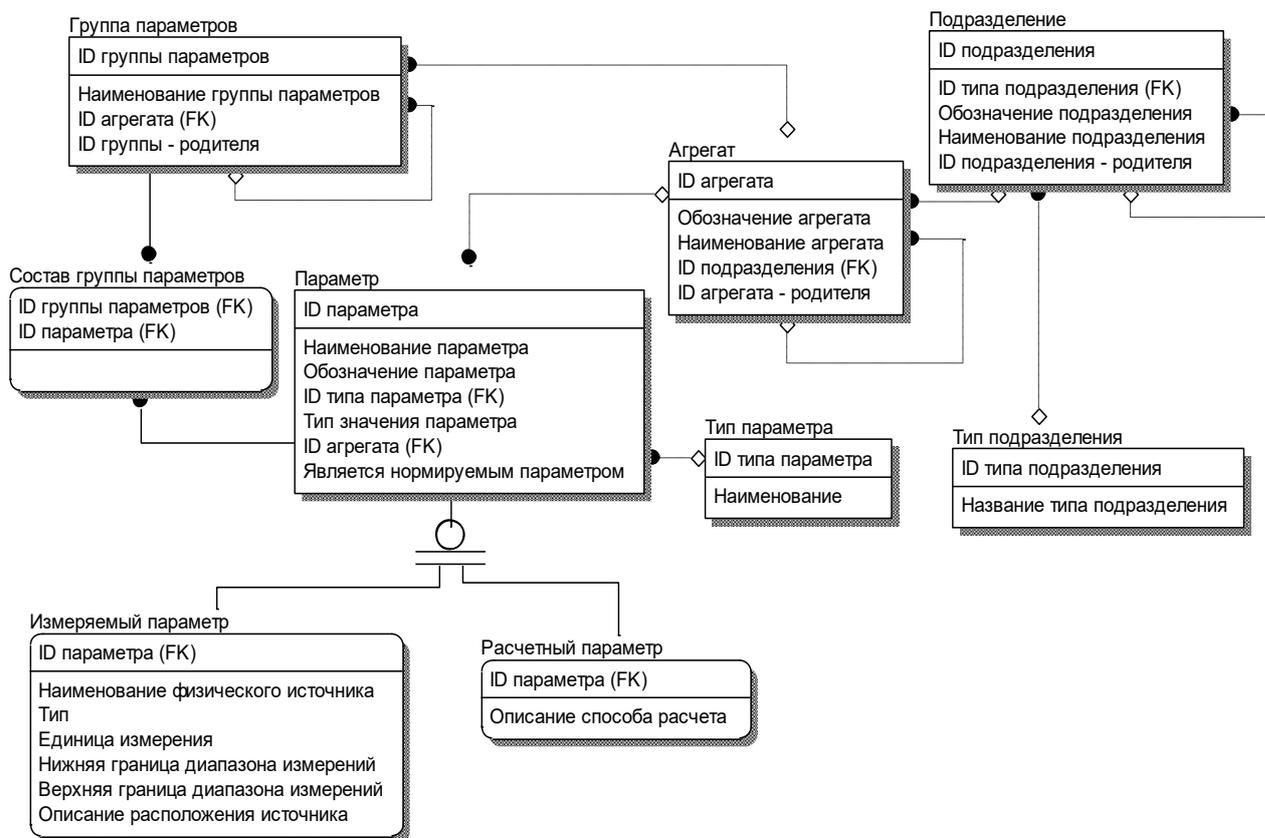


Рисунок 3.10 – Инфологическая модель логического блока «Параметры ЕП»

Из рисунка 3.10 видно, что выбранная структура единого ХГД МП, представляет собой набор таблиц («Подразделение», «Тип подразделения», «Агрегат», «Группа параметров», «Состав группы параметров», «Параметр», «Тип параметра», «Измеряемый параметр», «Расчетный параметр»), обеспечивающих хранение информации о параметрах ЕП и способах их группировки – в разрезе цехов, агрегатов, а также объединения (при необходимости) параметров ЕП в группы.

Таблица «Подразделение» содержит информацию о цехах и организационных подразделениях.

Таблица «Тип подразделения» содержит справочную информацию о подразделениях.

Таблица «Агрегат» содержит список всех агрегатов и частей агрегатов.

Таблицы «Группа параметров» и «Состав группы параметров» содержат информацию о группировке параметров. Группы могут входить друг в друга, а параметр может принадлежать нескольким группам.

Таблица «Параметр» содержит информацию о названии параметра, его обозначение, идентификаторы агрегата и типа параметра, а также признак нормируемости параметра.

Таблица «Тип параметра» содержит: код и наименование.

Таблицы «Параметр», «Измеряемый параметр» и «Расчетный параметр» содержат описания всех параметров ЕП, собираемых в ХГД МП.

### Инфологическая модель блока «Идентифицирующая информация»

Фрагмент инфологической модели ЕП блока «Идентифицирующая информация» и логические взаимосвязи между таблицами, обеспечивающего хранение информации, обеспечивающей идентификацию гетерогенных данных о параметрах ЕП МП представлена на рисунке 3.11.

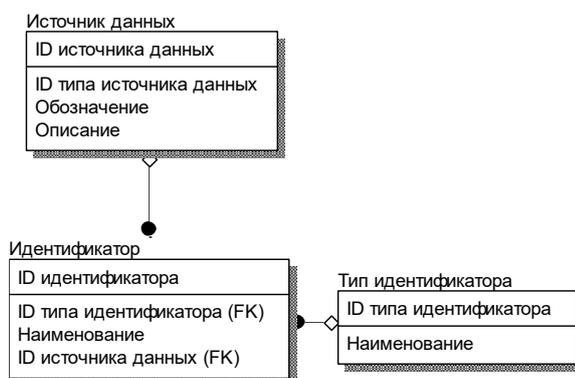


Рисунок 3.11 – Инфологическая модель логического блока «Идентифицирующая информация»

Из рисунка 3.11 видно, представляет собой набор таблиц («Источник данных», «Идентификатор», «Тип идентификатора»), обеспечивающих хранение информации о источнике данных и его характеристиках.

Таблица «Источник данных» хранит список источников данных о ЕП МП, в том числе идентификаторов.

Таблица «Идентификатор» - содержащий информацию о всех возможных источниках информации и их категориях.

Таблица «Тип идентификатора» хранит справочную информацию.

### Справочники

На рисунке 3.12 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о справочниках системы, их составе и связях между ними.



Рисунок 3.12– Инфологическая модель логического блока «Справочники»

Справочниками являются, например, материалы, марки стали, химические элементы, причем марки стали и химические элементы связаны отношением (состав марок стали).

### Описание ЕП

На рисунке 3.13 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения общей информации о ЕП.

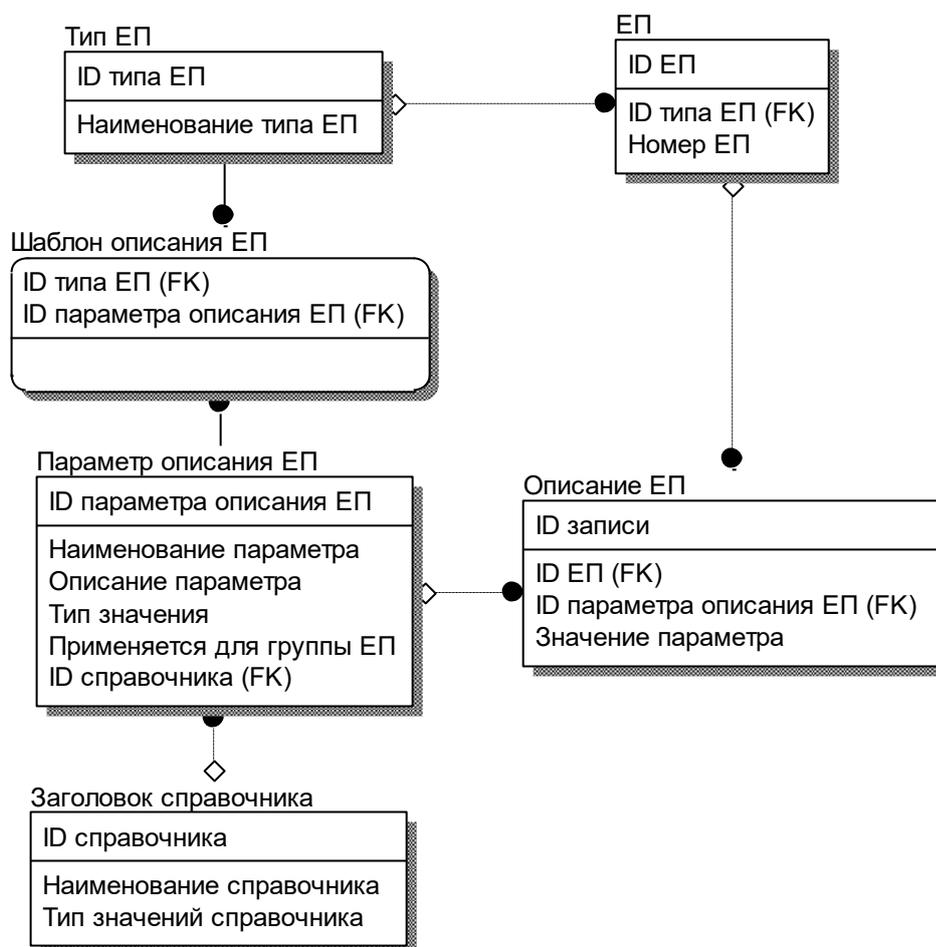


Рисунок 3.13 – Инфологическая модель логического блока «Описание ЕП»

Из рисунка 3.13 видно, что выбранная структура блока описания ЕП единого ХГД МП, представляет собой набор таблиц («ЕП», «Описание ЕП», «Тип ЕП», «Шаблон описания ЕП», «Параметр описания ЕП», «Заголовок справочника»), обеспечивающих хранение информации о ЕП и способах его описания.

Таблица «ЕП» содержит список ЕП.

Таблица «Описание ЕП» содержит список значений параметров ЕП.

Таблица «Тип ЕП» содержит список типов ЕП.

Таблица «Шаблон описания ЕП» определяет список параметров, требуемых для описания ЕП определенного типа.

Таблица «Параметр описания ЕП» содержит сведения обо всех параметрах, применяемых для описания ЕП.

Таблица «Тип ЕП» заполняется при создании БД на основании данных, уточняемых при проектировании, и впоследствии может изменяться только программистами БД. Примерное содержимое таблицы «Тип ЕП»: плавка, сляб, полоса, лист, рулон.

## Информация о ЕП, поступающая от источников данных

На рисунке 3.14 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о ЕП и собираемых данных (параметров).

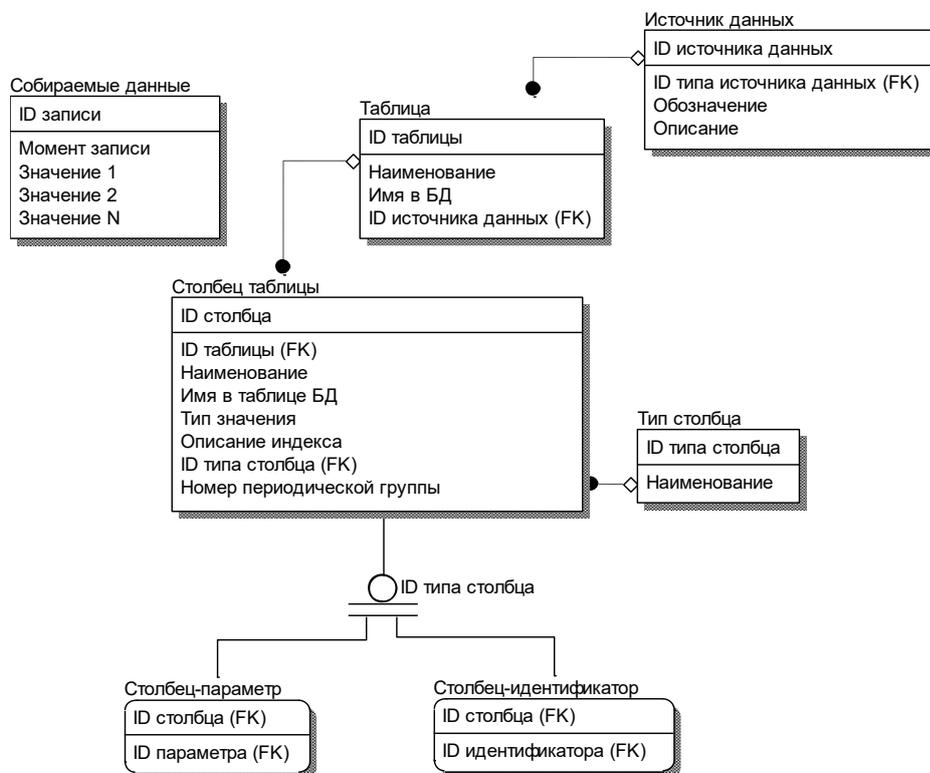


Рисунок 3.14 – Инфологическая модель логического блока «Информация о ЕП из источников данных»

Из рисунка 3.14 видно, что выбранная структура блока «Информация о ЕП из источников данных» поступающая в единое ХГД МП, представляет собой набор таблиц («ЕП», «Собранные данные», «Источник данных», «Столбец таблица», «Тип столбца», «Столбец параметр», «Столбец идентификатор»), обеспечивающих хранение информации в динамически формирующие структуры хранения информации о параметрах ЕП.

Таблица «ЕП» содержит список ЕП.

Содержимое таблицы «Собираемые данные»: момент записи (дата, время) и массив значений от 1 до N.

Таблица «Таблица» содержит список таблиц, предназначенных для хранения собираемых данных. При добавлении в нее новой записи в БД создается таблица с заданным именем (на схеме такие таблицы обозначены элементом «Собираемые данные»).

Таблица «Тип параметра»: измеряемый параметр, расчетный параметр.

Таблица «Таблица» содержит список таблиц, предназначенных для хранения собираемых данных. При добавлении в нее новой записи в БД создается таблица с заданным именем (на схеме такие таблицы обозначены элементом «Собираемые данные»).

Таблицы «Столбец», «Столбец-идентификатор» и «Столбец-параметр» содержат описания полей создаваемых таблиц. Добавление нового столбца в выбранную таблицу для хранения собираемых данных достигается добавлением записей в таблицы «Столбец» и «Столбец-идентификатор» или «Столбец-параметр».

Столбец-идентификатор описывает поле для хранения информации специального назначения – идентифицирующей (ID ЕП, ID параметра, номер ЕП, ID ЕП источника) или «привязывающей» (время, металлургическая длина). По создаваемым на основе таких записей столбцам могут быть построены индексы, а также связи с другими таблицами БД («ЕП», «Параметр»).

Столбец-параметр описывает поле для хранения значения параметра ЕП, описание которого содержится в таблице «Параметр».

### Данные о событиях и преобразованиях ЕП

На рисунке 3.15 представлен фрагмент структуры ХД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о событиях, происходящих с ЕП (в т.ч. о преобразованиях ЕП).

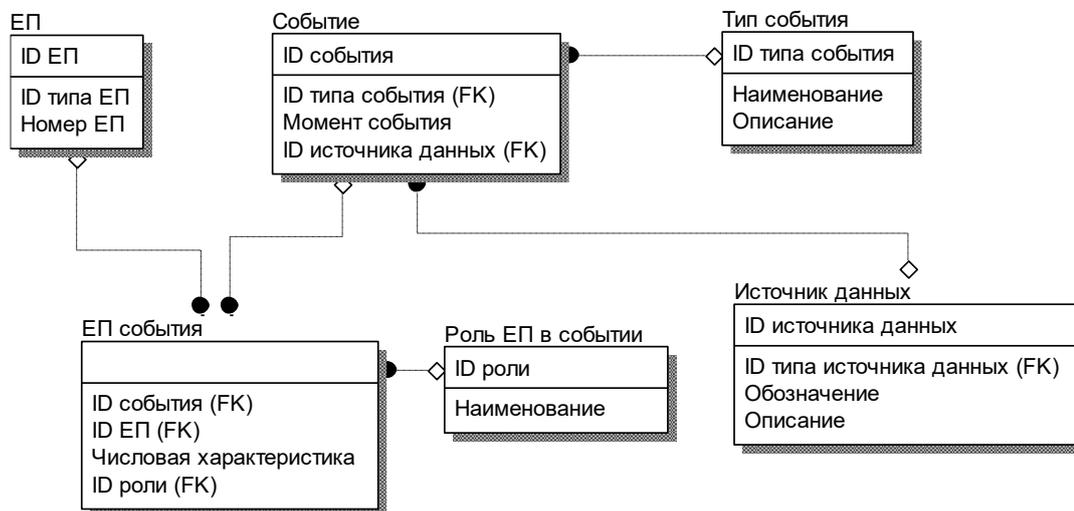


Рисунок 3.15 – Инфологическая модель логического блока «События и преобразования ЕП»

Источником информации о событиях в системе являются описанные ранее в пункте источники данных.

Таблица «Тип события» содержит список типов событий, которые могут произойти с ЕП. Это порождение ЕП, преобразования ЕП, поступление ЕП во входную очередь агрегата, начало и окончание обработки на агрегатах, изъятие ЕП из очереди, включение

ЕП в группу ЕП, исключение ЕП из группы, действия оператора (например, ввод номеров ЕП) и т.п. Справочник «Тип события» заполняется программистами БД (до начала эксплуатации или во время нее).

Таблица «Роль ЕП в событии» содержит список ролей, которые ЕП могут исполнять в том или ином событии. Пример содержимого этого справочника: родительская вершина при преобразовании ЕП, дочерняя вершина при преобразовании ЕП и т.п. Данный справочник также заполняется программистами БД (чаще всего при добавлении нового типа события).

Таблица «Событие» содержит список событий. Для каждого события в таблице «ЕП события» содержится одна (для большинства событий) или несколько (как правило, для преобразований ЕП) записей.

### Группы ЕП, партии

На рисунке 3.16 представлен фрагмент структуры единого ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о группах ЕП.

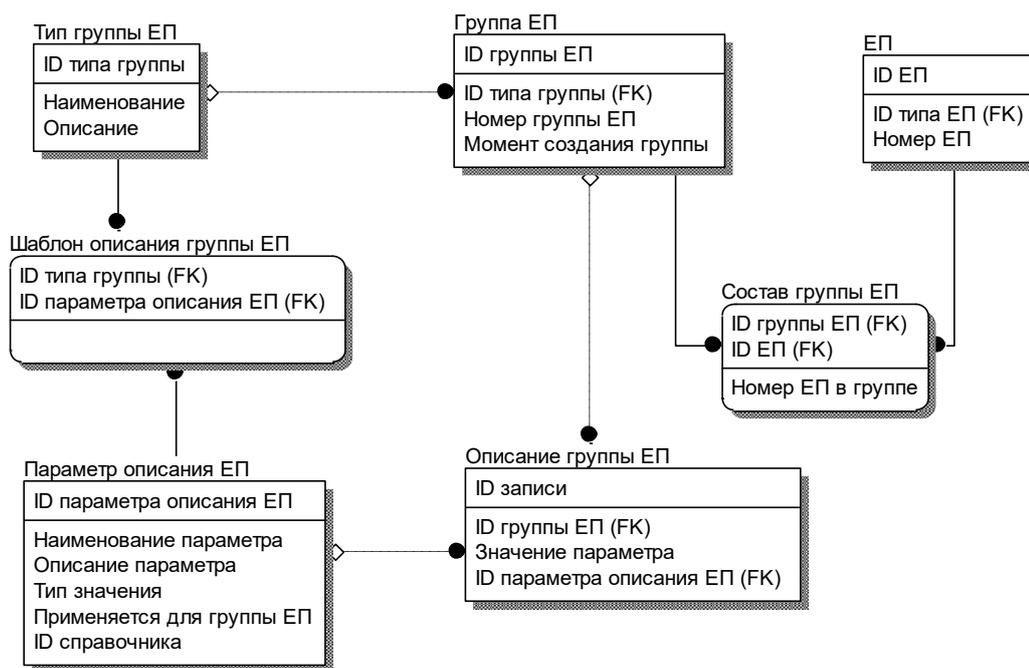


Рисунок 3.16 – Инфологическая модель логического блока «Группы ЕП»

Таблица «Тип группы ЕП» содержит список типов групп. Таблица «Шаблон описания группы ЕП» определяет список параметров, требуемых для описания группы определенного типа.

Таблица «Состав группы ЕП» предназначена для хранения списка ЕП, входящих в группу. Таблица «Описание группы ЕП» содержит список значений параметров конкретной группы.

### Связывание идентификаторов ЕП

На рисунке 3.17 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о связывании идентификаторов ЕП («ЕП», «Соответствие идентификаторов», «Идентификатор»).

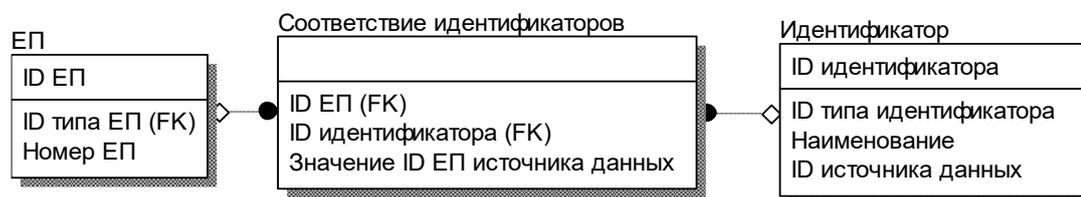


Рисунок 3.17 – Инфологическая модель логического блока «Связывание идентификаторов ЕП»

### Обмен информацией со смежными системами

На рисунке 3.18 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, обслуживающих очереди и содержит следующие таблицы: «Источник данных», «Тип сообщения», «Заголовок сообщения», «Теги сообщения», «Тип тега сообщений».

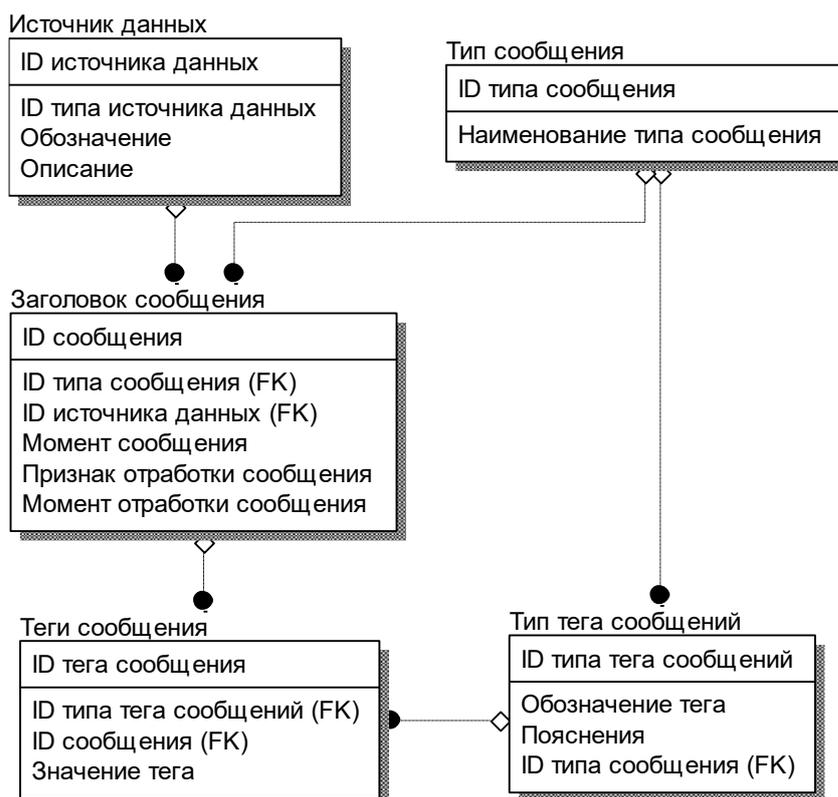


Рисунок 3.18 – Инфологическая модель логического блока «Обмен информацией со смежными системами»

### Нормируемые параметры

На рисунке 3.19 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о нормировании параметров. Состоит из таблиц: «Тип правила нормирования», «Правило нормирования», «Шаг правила

нормирования», «Тип шага правила нормирования», «Операнд правила нормирования», «Тип операнда правила нормирования», «Параметр», «Идентификатор», «Параметр описания ЕП».

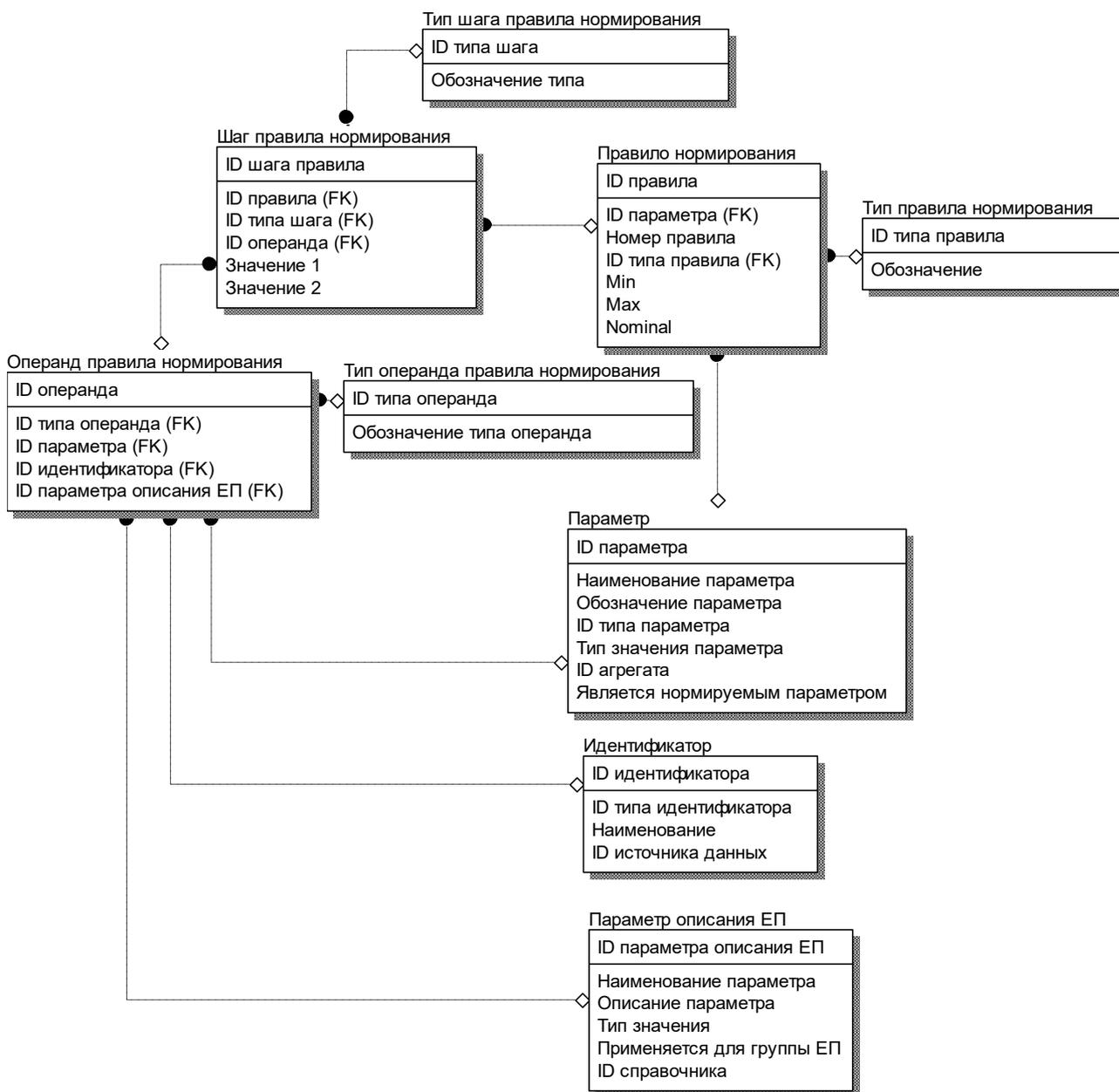


Рисунок 3.19 – Инфологическая модель логического блока «Нормирование параметров»

Таблица «Правило нормирования» содержит список всех правил нормирования параметров.

Таблица «Тип правила нормирования» содержит список типов правил, не редактируется пользователем.

Таблица «Шаг правила нормирования» предназначена для выявления применимости данного правила.

Таблица «Тип шага правила нормирования» содержит список типов шагов, не редактируется пользователем.

Таблица «Операнд правила нормирования» содержит список всех возможных операндов правила – т.е. параметров, идентификаторов и параметров описания ЕП.

Как правило, в качестве операндов правила нормирования выступают параметры описания ЕП (номера маршрутных и операционных карт, толщины листов и т.п.) и некоторые собираемые параметры.

### Субъекты системы

На рисунке 3.20 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации о субъектах системы. Содержит таблицы: «Субъект», «Тип субъекта», «Профиль субъекта», «Право», «Состав группы», «Пользователь», «Группа пользователей», «Подразделение».

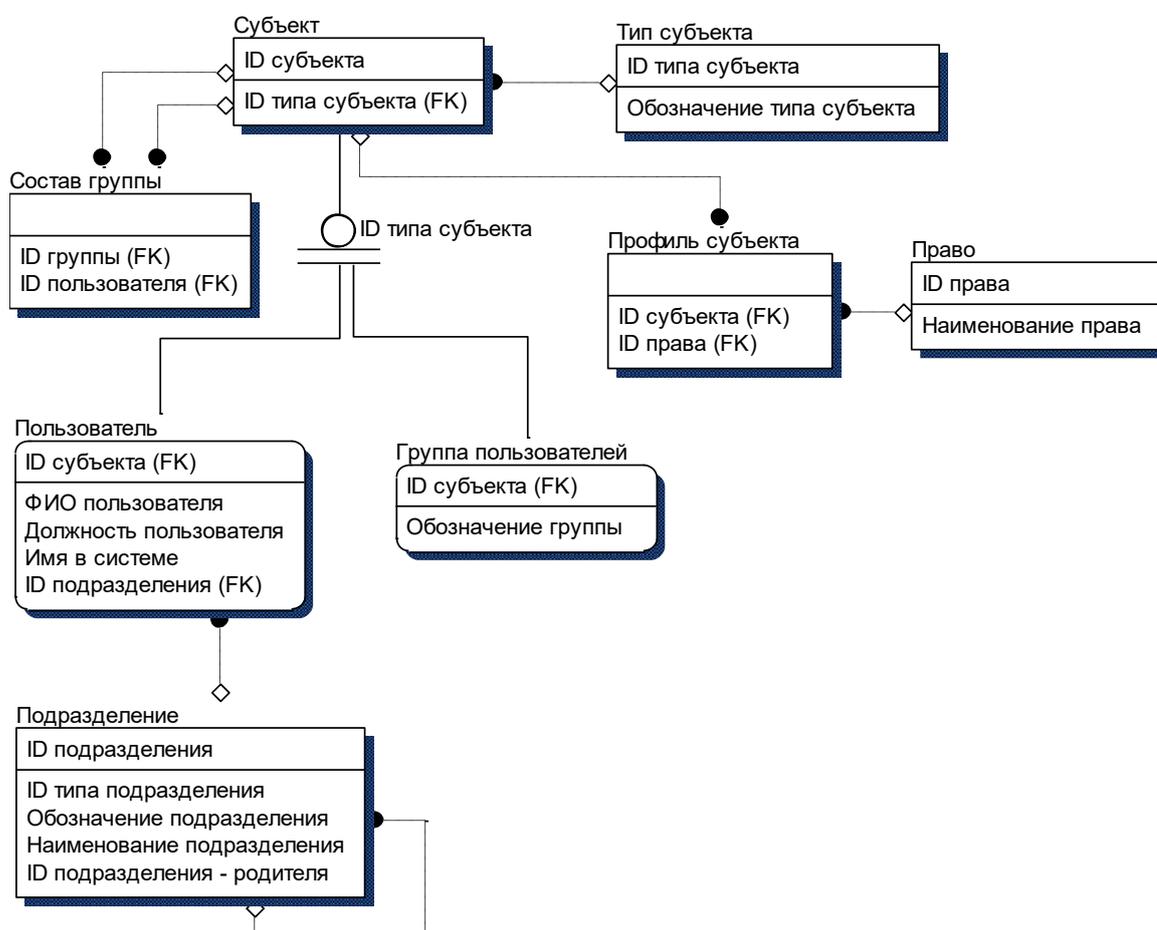


Рисунок 3.20 Инфологическая модель логического блока «Субъекты системы»

Таблица «Субъекты» содержит список всех субъектов.

Таблицы «Пользователь» и «Группа пользователей» – их более подробные спецификации.

Таблица «Тип субъекта» содержит список типов субъектов: пользователь, группа пользователей, не изменяемая пользователем.

Таблица «Состав группы» определяет наполнение групп пользователями.

Таблица «Права» содержит список всех возможностей системы.

Таблица «Профиль» определяет права конкретных субъектов системы.

На рисунке 3.21 представлен фрагмент структуры ХГД МП, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения данных протокола действий субъектов системы.



Рисунок 3.21 – Инфологическая модель логического блока «Протокол»

#### Логическая модель сущности «источники данных»

На рисунке 3.22 представлен фрагмент структуры ХГД, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации об источниках данных.

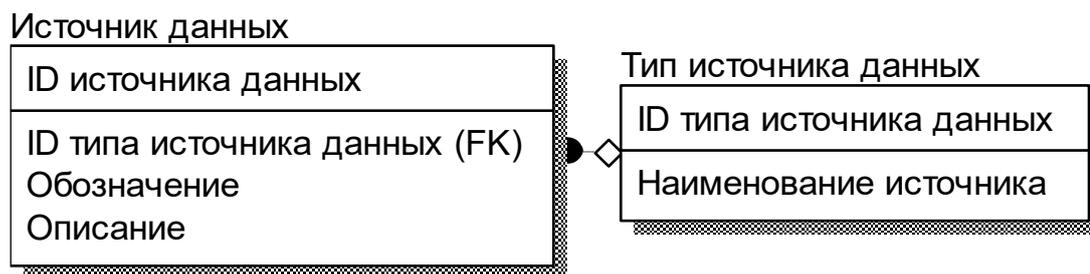


Рисунок 3.22 – Инфологическая модель логического блока «Источники данных»

Таблица «Источник данных» содержит список источников данных автоматизированных систем (БД цехов, БД АСУТП и смежных систем) и их описания.

Таблица «Тип источника данных» содержит список типов источников данных: БД АСУТП, БД смежных систем, БД автоматизированных систем цехов.

### Логическая модель сущности «План ГП и договора»

На рисунке 3.23 представлен фрагмент структуры ХГД, содержащий описание таблиц, предназначенных для хранения информации план производства и заключенных договорах.

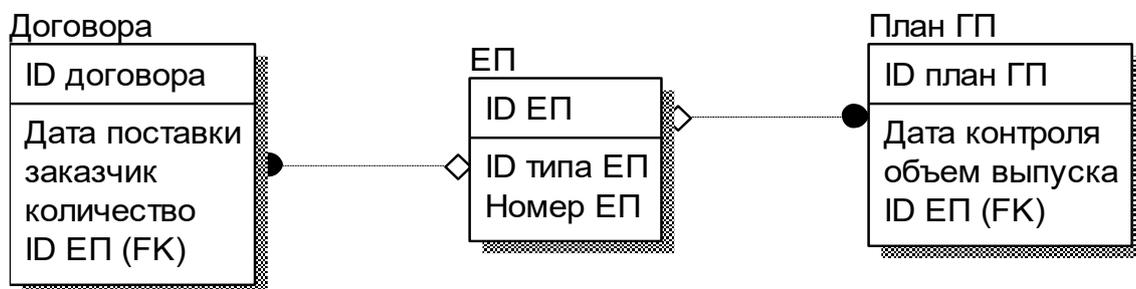


Рисунок 3.23 – Инфологическая модель логического блока «План ГП и договора»

Таблица «Договора» содержит список договоров, по которым производится выпуск продукции металлургического предприятия с указанием объема поставки и сроков выполнения.

Таблица «План ГП» в обобщенном виде содержит информацию об объемах выпуска ГП МП и указание контрольных сроков по выпуску данной продукции. Описание характеристики готовой продукции рассматривалась в других логических блоках.

### Структура единого ХГД МП

На рисунке 3.24 представлен общая структура ХГД МП, содержащая описание таблиц, предназначенных для хранения информации о всем производственном цикле ГП МП.



Совокупность описанных выше инфологических моделей логических блоков определяет структуру единого ХГД МП, которое представляет собой некоторое множество связанных друг с другом сложными логическими связями таблиц. При этом с течением времени меняется как число строк каждой из обсуждаемых таблиц, так и у некоторых таблиц может изменяться число столбцов.

### 3.4. Обоснование выбора технологии разработки единого ХГД МП

На основе результатов анализа взаимосвязей онтологических моделей ПП, ЕП и ГП МП, визуализируем информационные потоки, возникающие и существующие в процессе выпуска ГП МП, общая схема которых представлена на рисунке 3.25.

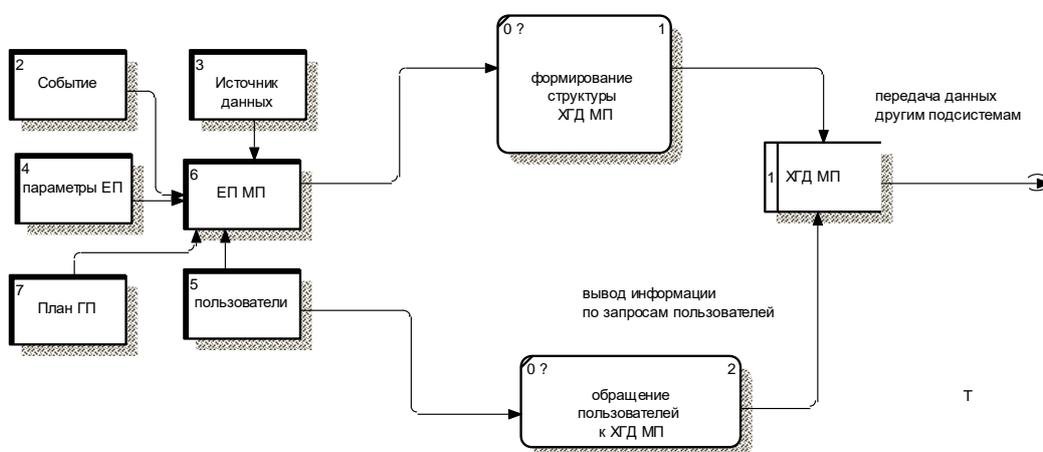


Рисунок 3.25. Диаграмма потоков данных ХГД МП

Из рисунка 3.25 видна основная особенность единого ХГД МП, состоящая в том, что структура записи данных в единое ХГД МП формируется в момент получения данных от соответствующих источников информации. В этой связи в едином ХГД МП одновременно с данными должна размещаться информация об их структуре, на основе которой далее будет выполняться поиск информации, релевантной запросу пользователя к единому ХГД МП.

Отмеченная выше особенность единого ХГД МП потребовала проведения анализа существующих технологий по организации хранения данных. Его результаты показали.

1. Технология транзакционной организации записи OLTP (Online Transaction Processing) основана на использовании БД с заранее выбранной и далее не мотивируемой структурой хранения данных.

2. Технология OLTP используется для работы с сильно нормализованными ХГД с помощью небольшими по размерам идущих большим потоком транзакций, обеспечивающих минимальное время поиска информации, релевантной запросу, в то время

как в едином ХГД МП хранятся разнородные данные, что не позволяет реализовать их нормализацию.

3. Технология OLAP (Online Analytical Processing) ориентирована на хранение большого объема структурированных данных, относящихся к определенной предметной области. Данная технология обеспечивает обработку аналитических запросов к ХГД при условии, что находящиеся в нем данные агрегированы, отфильтрованы и очищены от избыточности. Однако выполнить данные требования для гетерогенных данных МП оказывается невозможным, так как данные в единое ХГД поступают в реальном режиме времени и при этом, априори, неизвестна структура их записи.

4. Наиболее подходящей для решения задачи создания единого ХГД МП оказывается Технология Oracle Streams [18], предназначенная для интеграции данных, обмена данными и сообщениями с помощью механизма Advanced Queuing [19], в однородной среде и гетерогенных средах.

Решение о применении технологии Oracle Streams в формировании ХГД МП обусловлено тем, что данная технология обеспечивает:

- формирование структуры хранения данных в момент записи массива информации;
- выполнение транзакции на запись данных без операции отката;
- денормализацию данных с целью исключения множественных зависимостей от первичных ключей;
- индексацию/идентификацию данных в процессе формирования структуры данных;
- определение пользователей и их прав на этапе формирования структуры единого ХГД МП;
- обеспечение хранения данных, поступавших на протяжении всего жизненного цикла ГП МП;
- установление длительности хранения информации хранения информации в единое ХГД МП;
- запись в единое ХГД МП первичных данных, не прошедших процедуры агрегации и очистки;
- аналитический анализ всех бизнес-процессов МП.

#### **Пример обмена данными между Oracle и другими компаниями с помощью потоков**

Передача данных из исходных баз данных в целевую базу данных Oracle, выполняет некоторые из шагов, которые обычно выполняются в целевой базе данных.

Managing Logical Change Records (LCR), предназначенные для целевой базы данных, через сетевое соединение через Oracle Transparent Gateway. (рис. 3.26).

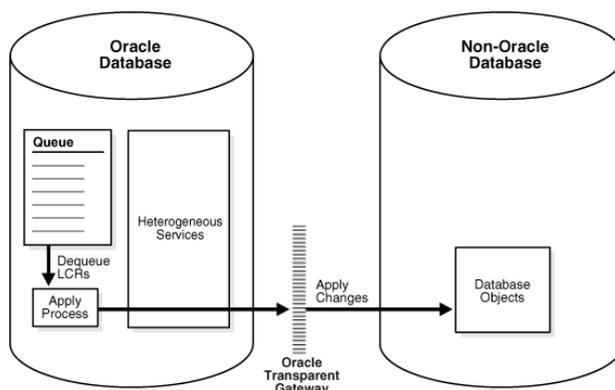


Рисунок 3.26. Схема совместного использования ГД между Oracle и не Oracle

Здесь необходимо предварительно настраивать Oracle Transparent Gateway для использования модели транзакций COMMIT\_CONFIRM. Следующим шагом зафиксируется правила процесса захвата и пометить в очередь зафиксировать изменения как записи логических изменений (LCR) ANYDATA. Кроме того, один процесс захвата может фиксировать изменения, которые будут применяться как в базах данных Oracle, так и в других базах данных.

Очередь ANYDATA, которая обрабатывает LCR, работает только с Oracle и распространяется на промежуточные очереди в БД Oracle.

Процесс применения, работающий в базе данных Oracle, использует гетерогенные службы и Oracle Transparent Gateway для применения изменений, инкапсулированных в LCR, непосредственно к объектам базы данных в базе данных, отличной от Oracle. LCR не передаются в очередь в базе данных, отличной от Oracle.

Для сбора и передачи изменений из базы данных сторонних производителей в базу данных Oracle используются специальное приложение. Это приложение получает изменения, внесенные в базу данных, отличную от Oracle, путем чтения из журналов транзакций, с помощью триггеров или каким-либо другим способом. Приложение собирает и упорядочивает транзакции преобразует каждое изменение в логическую запись изменения (LCR). Затем приложение ставит LCR в очередь в базе данных Oracle, используя DBMS\_STREAMS\_MESSAGING пакет или DBMS\_AQ пакет. При этом приложение фиксирует после постановки в очередь всех LCR в каждой транзакции. На рис. 3.27 показаны базы данных сторонних производителей, совместно использующие данные с БД Oracle.

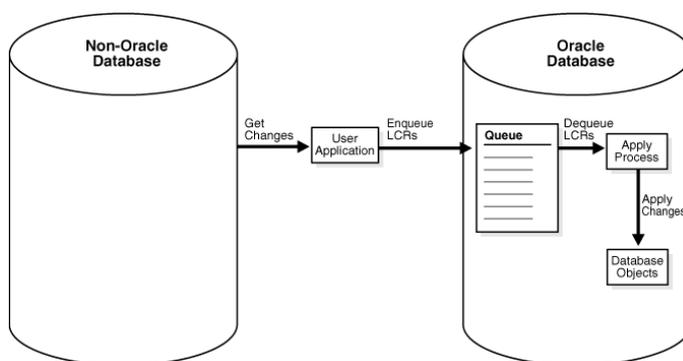


Рисунок 3.27 Совместное использование гетерогенных данных между не Oracle и Oracle

Пользовательское приложение собирает изменения het1.net и помещает их в очередь dbs1.net. Затем процесс применения dbs1.net применяет изменения к het2.net использованию гетерогенных служб и прозрачного шлюза Oracle. Другой процесс применения в dbs1.net может применить некоторые или все изменения в очереди локально в dbs1.net.

Таким образом, технология Oracle Streams обеспечивает интеграцию гетерогенных данных в единое ХГД гетерогенных данных от всех источников производственных процессов.

### 3.5. Методология структурного синтеза единого ХГД промышленного предприятия

Описанная выше последовательность действий, как видно из ее описания, является универсальной и может быть использована для разработки структуры ХГД не только МП, но любого выбранного производства ГП. Действительно, вне зависимости от конкретного производства введенные понятия ЕП, ПП, ГП могут быть использованы при описании информационных потоков любого производства, на котором используется последовательная многоэтапная технология производства продукции.

В этой связи можно обобщить развитый выше подход, представляющий собой совокупность методов, используемых для структурного синтеза ХГД, которую, в этой связи, можно трактовать, как методологию структурного синтеза ХГД. Данная методология состоит из следующих этапов.

Этап 1. Построение на основе анализа производственных процессов информационных моделей ПП, ГП, ЕП выбранного производства.

Этап 2. Построение на основе анализа информационных моделей ПП, ГП, ЕП выбранного производства онтологии гетерогенных данных выбранного производства инфологических моделей ПП, ГП, ЕП.

Этап 3. Разработка в соответствии со стандартом с ГОСТ Р ИСО 10 303–11–2009 инфологической модели ХГД выбранного производства, основанной на инфологических моделях ЕП, ПП, ГП.

Этап 4. Выбор СУБД разработки единого ХГД.

Этап 5. Разработка и тестирование единого ХГД МП.

Пример практического применения разработанной методологии для разработки модуля ХГД МП, являющегося неотъемлемой частью Автоматизированной Системы Выпуска Металлургической Продукции (АС ВМП), в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167)

### **3.6. Выводы**

1. Решена задача структурного синтеза ХГД МП.

1.1 Разработаны и интегрированы сущности «План производства», «Единица продукции», «Готовая продукция»;

1.2. Построены информационные модели сущностей «План производства», «Единица продукции», «Готовая продукция» и их онтологические описания.

1.3. Разработана онтология гетерогенных данных МП.

1.4. В соответствии со стандартом с ГОСТ Р ИСО 10 303–11–2009 разработана инфологическая модель ХГД МП, основанная на онтологической модели гетерогенных данных, обеспечивающая хранение данных с разнородной изменяющей во времени структурой в динамически формирующихся таблицах.

2. Последовательность действий, выполненных в процессе решения задачи структурного синтеза ХГД МП, обобщена в виде универсальной методологии структурного синтеза ХГД, пригодных для любых многоэтапных промышленных производств.

## Глава 4. Разработка модуля ХГД МП как части системы АС ВМП

### 4.1. Описание Автоматизированной Системы Выпуска Металлургической Продукции

Структурная схема АС ВМП, обеспечивающая сбор данных, хранение, формирование запросов по слежению, контролю, моделированию, анализу и выдаче рекомендаций по оптимизации как на отдельных этапах производства, так и полного цикла выпуска металлургической продукции, представлен на рисунке 4.1.

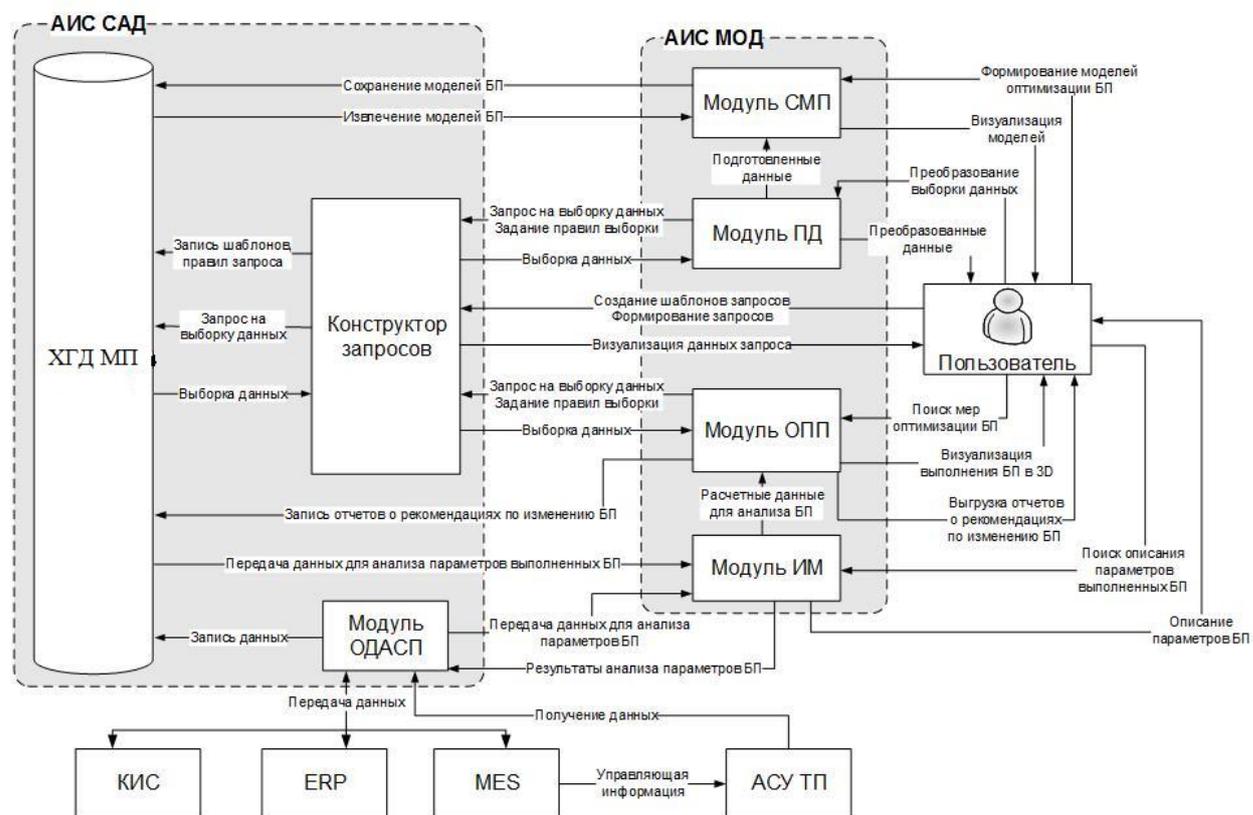


Рисунок 4.1. Структура АС ВМП

Из рис. 4.1 видно, что АС ВМП состоит из двух взаимосвязанных подсистем: Автоматизированной Информационной Системы Сбора и Анализа Данных производства (АИС САД) и Автоматизированной Информационной Системы Моделирования Организационной Деятельности предприятия (АИС МОД)

В состав подсистемы АИС САД входят следующие модули:

- модуль единого ХГД МП;
- модуль Конструктора Запроса (КЗ);
- модуль ОДАСП (ОДАСП – Обмена Данными с Автоматизированными Системами Предприятия).

Перечисленные модули выполняют следующие функции:

1. обмен данными между ХГД МП АИС САД и автоматизированными системами МП всех уровней ОДАСП;
2. надежное хранение и быстрый доступ к ХГД МП, поддержка их хронологии, целостности и непротиворечивости, что обеспечивает возможность создания единого информационного пространства данных МП, построение единого интерфейса пользователя, разработка общих алгоритмов обработки данных и осуществление высокопроизводительной аналитической обработки данных;
3. предоставление пользователю удобного интерфейса для создания требуемых выборок информационных параметров и формирование нерегламентированных отчетов (КЗ).

АИС САД обеспечивает сбор, хранение и предоставление информации пользователям, которая может быть использована, в том числе, для создания имитационных моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов (СМП). При принятии управленческих решений для анализа и оптимизации бизнес-процессов МП целесообразно использовать автоматизированную информационную систему моделирования технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия АИС МОД

Подсистема АИС МОД состоит из следующих модулей:

- модуль Создания Моделей Предприятия (СПМ);
- модуль Подготовки Данных (ПД);
- модуль Организационных Процессов Предприятия (ОПП);
- модуль Имитационного Моделирования (ИМ).

Модуль ПД реализует следующие функции:

- а) получение выборки данных, сформированной по запросу из модуля КЗ;
- б) задание набора правил на обработку выборки данных с помощью графического инструмента создания правил обработки данных;
- в) совместное функционирование множества модулей ПД при интеграции в единый программный интерфейс модулей ПД (модулей-источников данных, модулей обработки данных, модулей анализа и модулей верификации);
- г) персистентное (долговременное) хранение пользовательских настроек процесса подготовки данных для размещения в ХГД МП;
- д) анализ, верификация и преобразование выборки данных в соответствии с заданным набором правил;
- е) восстановление пропущенных данных на основе анализа накопленной

статистики;

ж) анализ данных параметров технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов (ТЛОБП) на основе методов машинного обучения (анализ распределённых лагов, фильтры временных рядов, полосовой анализ, методы автоматической классификации данных, нейронные сети) для решения задач прогнозирования и интерпретации подготавливаемых данных.

Модуль СМП реализует следующие функции:

а) создание, модифицирование и запись в ХГД МП моделей ТЛОБП с помощью визуального конструктора моделей мультиагентных имитационных процессов, деревьев анализа параметров процесса, вновь разработанных функциональных элементов для представления графических элементов создания моделей на основе web-интерфейса;

б) точность соответствия результатов контрольного прогона разработанного процесса заданным значениям (не менее 80 %);

в) независимое от пользователя исполнение модели процесса в виде отдельного вычислительного процесса;

г) запуск и одновременное исполнение нескольких экземпляров моделей процессов, создаваемых с помощью модуля СМП;

д) согласование входных и выходных параметров модели процессов, создаваемой с помощью модуля СМП, с параметрами реальных технологических процессов для выполнения модели в модуле ИМ;

е) создание протоколов совещаний, проводимых в рамках реализации типового постоянно действующего бизнес-процесса предприятия по изменению производственных процессов;

ж) создание средств обработки обращений пользователей для выполнения обработки инцидентов, связанных с эксплуатацией автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП).

Модуль ИМ реализует следующие функции:

а) получение данных из модуля ОДАСП;

б) получение данных из модуля КЗ;

в) получение данных из модуля ПД;

г) получение описания выполненных на производстве ТЛОБП из модуля ХГД МП;

д) анализ параметров выполненных ТЛОБП (продолжительность анализа – не более 30 мин);

е) выдача результатов анализа в модуль ОДАСП;

ж) отображение результатов анализа процессов в зависимости от ролей пользователей;

з) функционирование в режиме разделения процессов выполнения модели и отображения результатов для обеспечения нескольких представлений каждой из выполняющихся моделей;

и) одновременный запуск нескольких модулей ИМ, в каждом из которых выполнение моделей производится независимо друг от друга без средств отображения функционирования модуля ИМ, без ожидания и временных остановок выполняющихся потоков вычислений (в асинхронном неблокирующем режиме выполнения);

к) загрузка имитационной модели в модуль ИМ, созданной в СМП;

л) управление выполняющимися моделями в модуле ИМ с помощью команд на старт, останов и отслеживание состояния.

Модуль ОПП реализует следующие функции:

а) получение расчётных данных из модуля ИМ;

б) получение выборки данных из модуля КЗ;

в) получение результатов выполнения настроек подготовки данных, созданных в модуле ПД;

г) получение значений параметров выполненных ТЛОБП при взаимодействии с модулем ОДАСП;

д) оптимизация ТЛОБП на основе методов имитационно моделирования (мультиагентного, экспертного, ситуационного моделирования), метода анализа и устранения узких мест ТЛОБП:

е) выдача рекомендаций по изменению технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия;

ж) создание отчетов о выполненных процессах предприятия и их запись в ХГД МП (отчёты о выполненных процессах предприятия должны содержать информацию о времени начала и окончания выполнения процессов предприятия);

з) создание отчетов с рекомендациями по недопущению выявленных инцидентов и вывод отчетов в форматах .doc, .xlsx, .csv, .xml;

и) визуализация выполнения процессов предприятия в формате 3D-анимации;

к) визуальное отображение входных и выходных переменных.

Модуль ХГД МП согласно техническому требованию (ТТ) (Приложение 4) предназначен для обеспечения следующих функций:

а) Централизованное хранение данных АС ВМП

б) Выполнение аналитических запросов КЗ

- 1) Индексирование данных
- 2) Кэширование данных

в) Резервное копирование данных АС ВМП

Для реализации поставленной цели в ХГД МП реализованы следующие функции:

- а) Функция записи параметров ЕП;
- б) Функции получения статистических данных;
- в) Функция создания резервной копии;
- г) Функция резервирования данных ХГД МП;
- д) Вспомогательные функции.

Функция «Запись данных в Хранилище» должна обеспечивать запись в ХГД МП пакета (массива) данных, поступивших от АС ТП, КИС, MES, ERP-систем. При этом в соответствии с ТЗ проекта создания АС ВМП длительность записи данных от:

- а) АС ТП должна составлять не более 10 мин;
- б) КИС, MES, ERP-систем – не более 30 мин.

Модуль ХГД МП ограничен аппаратными возможностями предоставляемой системы и стандартными ограничениями базы данных Oracle, приведёнными в документации Oracle [91].

Для выполнения требований ТЗ в части функций, предоставляемых модулем ХГД МП и функций АС ВМП, в целом, был проведен анализ процессов взаимодействия ХГД МП с другими модулями АС ВМП, результаты которого обсуждаются в следующем разделе исследования.

### **Взаимодействие с ХГД МП с модулями и подсистемами АС ВМП**

Модуль ХГД МП осуществляет сбор, хранение и предоставление данных по запросам из других подсистем и/или модулей. В системе АС ВМП предусмотрены следующие сценарии взаимодействия с ХГД МП с другими ее подсистемами и модулями (рисунок 4.2):

1. получение данных из модуля ОДАСП;
2. выборка данных из ХГД МП по запросам модуля КЗ (конструктор запросов) и хранение шаблонов правил запросов;
3. передача данных из ХГД МП в АИС МОД и хранение моделей БП МП.

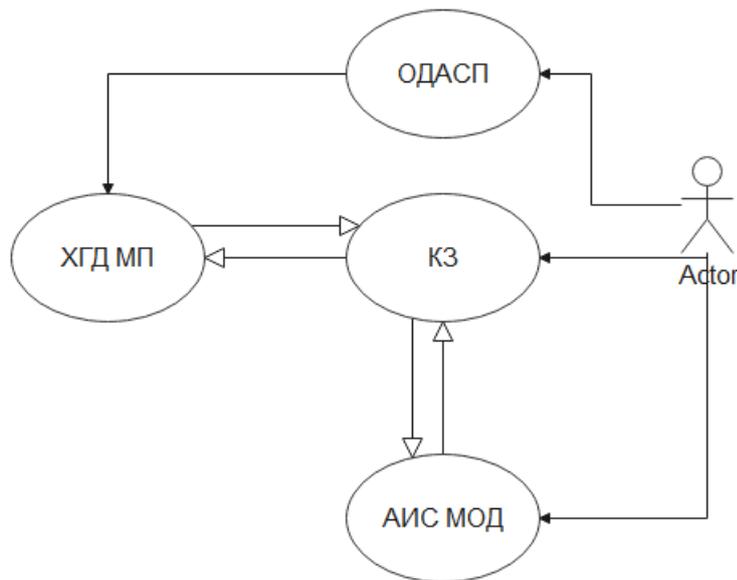


Рисунок 4.2. Диаграмма UserCase. Взаимодействия с ХГД МП другими модулями АС  
ВМП

Из рисунка 4.2 видно, что перечисленные выше сценарии, де-факто, можно разделить на две группы:

1. однонаправленное взаимодействие Actor с ХГД МП через модуль ОДА СП (запись данных в ХД);
2. взаимодействие Actor с КЗ (извлечение данных из ХГД МП, соответствующих запросу) и взаимодействие Actor с АИС МОД, которое в свою очередь взаимодействует с ХГД МП (извлечение данных из ХГД МП, используемых АИС МОД, а также запись соответствующих математических моделей и результатам из использования в ХГД МП), реализуемое через модуль КЗ.

Для детализации двух первых сценариев взаимодействия построим диаграммы последовательности, чтобы отобразить возможные ошибки и их обработку на протяжении выполнения обращения к ХГД МП подсистем и модулей АС ВМП.

Диаграмма последовательности (sequence diagram) (диаграмма, на которой показаны взаимодействия объектов, упорядоченные по времени их проявления. Временной аспект поведения может иметь существенное значение при моделировании синхронных процессов, описывающих взаимодействие объектов. Именно для этой цели в языке UML используются диаграммы последовательности. С помощью диаграммы последовательности можно представить взаимодействие элементов модели как своеобразный временной график "жизни" всей совокупности объектов, связанных между собой для реализации варианта использования программной системы, достижения бизнес-цели [92-94].

В потоках событий варианта использования выявляются классы трех типов: граничные классы (Boundary), классы-сущности (Entity), управляющие классы (Control).

Таблица 4.2.

Классы диаграммы последовательности на языке UML

Обозначение класса	Название класса	Описание и функции
	Actor	согласованное множество ролей, которые играют внешние сущности по отношению к вариантам использования при взаимодействии с ними. Actor представляет собой любую внешнюю по отношению к моделируемой системе сущность, которая взаимодействует с системой и использует ее функциональные возможности для достижения определенных целей или решения частных задач.
	Boundary	служат посредниками при взаимодействии внешних объектов с системой. Как правило, для каждой пары «действующее лицо – вариант использования» определяется один граничный класс. Типы граничных классов: пользовательский интерфейс, системный интерфейс и аппаратный интерфейс.
	Control	обеспечивают координацию поведения объектов в системе. Могут отсутствовать в некоторых вариантах использования, ограничивающихся простыми манипуляциями с хранимыми данными. Как правило, для каждого варианта использования определяется один управляющий класс. Примеры управляющих классов: менеджер транзакций, координатор ресурсов, обработчик ошибок.
	Entity	класс хранилища (хранение данных) представляет собой ключевые абстракции разрабатываемой системы.

Детализированная диаграмма последовательности выполнения действий модулем ОДАСП при записи данных в ХГД МП, представлена на рисунке 4.3.

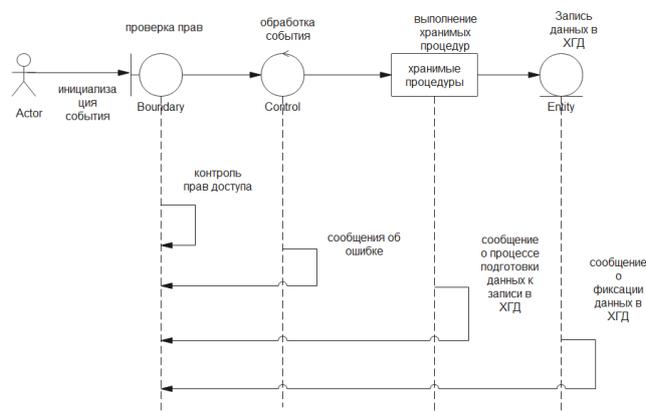


Рисунок 4.3. Диаграмма получения данных из модуля ОДАСП и их записи в ХГД

Из рисунка 4.3 видно, что формирование записи в ХГД инициализируется событием, которое может запускать пользователь системы или другой информационной системой. На первом этапе контролируются права доступа к системе АСВМП, а на следующих этапах контролируется процесс формирования записи и ее запись в ХГД МП.

Для реализации взаимодействия с модулем ОДАСП были реализованы следующие функции:

- package PKG\_FROM\_ODASP - передает данные с внешней информационных систем;
- OdaspWH.java -синхронизация метаданных в хранилище и получаемых от модуля ОДАСП.

Детализированная диаграмма последовательности выполнения действий модулем КЗ в ХГД МП в режиме выполнения аналитического запроса и сохранения его шаблона в ХГД МП представлены на рисунках 4.4, 4.5.

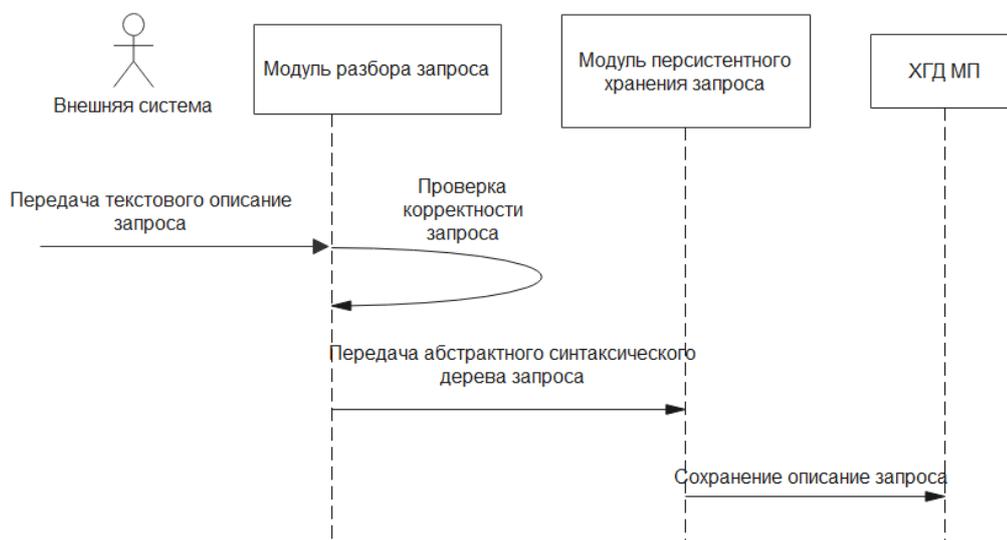


Рисунок 4.4 Диаграмма получения данных из ХГД МП по запросам модуля КЗ (Этап анализа запроса)



Рисунок 4.5 – Диаграмма получения данных из XGD MP (функции «Выполнение запросов»)

Из рисунков 4.4, 4.5 видно, что процесс получения данных из XGD MP оказывается многоэтапным. При этом сначала необходимо проводить анализ запроса анализируется, далее на основании синтаксического определения строится абстрактное синтаксическое дерево запроса, далее переводится запрос в исполняемый программный код, который будет извлекать данные из XGD MP и формировать результат выполнения запроса.

Для реализации, описанной выше последовательности действий на языке PL/SQL были разработаны соответствующие функции, список названий которых и исполняемые ими команды управления XGD MP представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Названия функций и соответствующих команд управления XGD MP

Название функции	Команда
AGGREGATE.sql	Создание таблицы агрегатов
AGGREGATE_DESCR.sql	Создание таблицы деталей агрегатов
AGGREGATE_DS.sql	Создание таблицы источника данных агрегатов
AGGREGATE_EVENT.sql	Создание таблицы событий на агрегатах
AGGREGATE_EVENT_DESCR.sql	Создание таблицы описания событий на агрегатах
AGGREGATE_EVENT_PU.sql	Создание таблицы-связки событий и ЕП
AGGREGATE_LINK.sql	Создание таблицы статусов агрегатов
AGGREGATE_TYPE.sql	Создание таблицы типов агрегатов
COL.sql	Создание таблицы солонки таблиц
COL_COLLECTORS.sql	Создание таблицы коллекторов колонок
COL_ROLLS.sql	Создание таблицы развёрток колонок
DIR_HEADER.sql	Создание таблицы заголовков каталогов

Название функции	Команда
DIR_REL.sql	Создание таблицы связи каталогов
DIR_ROW.sql	Создание таблицы содержимого каталогов
DIVISION.sql	Создание таблицы подразделений
DIVISION_DS.sql	Создание таблицы источников подразделений
DIVISION_TYPE.sql	Создание таблицы типов подразделений
DS.sql	Создание таблицы источников данных
DS_TYPE.sql	Создание таблицы типов источников данных
EVENT.sql	Создание таблицы событий
EVENT_DESCR.sql	Создание таблицы описания событий
EVENT_LINK.sql	Создание таблицы связи событий с источниками данных
EVENT_PARAM_FILTER.sql	Создание таблицы фильтров параметров
EVENT_T.sql	Создание таблицы временного хранения событий
EVENT_TYPE.sql	Создание таблицы типов событий
EVENT_TYPE_AGGREGATE.sql	Создание таблицы связки агрегатов и типов событий
EVENT_TYPE_CLASS.sql	Создание таблицы классификации типов событий
EVENT_TYPE_DS.sql	Создание таблицы связки источников данных и типов событий
FOLDER.sql	Создание таблицы папок
FOLDER_SUBJECT.sql	Создание таблицы пользователей папок
HB.sql	Создание таблицы статусов серверов
HB_SIGNALS.sql	Создание таблицы сигналов статусов серверов
HB_SIGNALS_FM.sql	Создание таблицы сигналов
HB_SIGNALS_FM2.sql	Создание таблицы сигналов
MATERIAL.sql	Создание таблицы материалов
MEASURE_UNIT.sql	Создание таблицы единиц измерения
MV_CAPABILITIES_TABLE.sql	Создание заголовка таблицы
PARAM.sql	Создание таблицы параметров
PARAM_AGGREGATE.sql	Создание таблицы связки агрегатов и параметров
PARAM_DS.sql	Создание таблицы связки параметров и источников данных
PARAM_EVENT_TYPE.sql	Создание таблицы связи типов событий с параметрами
PARAM_GROUP.sql	Создание таблицы групп параметров
PARAM_GROUP_CONTENT.sql	Создание таблицы содержимого групп параметров
PARAM_LINK.sql	Создание таблицы статусов параметров
PARAM_PU_TYPE.sql	Создание таблицы типов параметров ЕП
PARAM_REL.sql	Создание таблицы взаимосвязи параметров
PARAM_TYPE.sql	Создание таблицы типов параметров
PROCESS.sql	Создание таблицы процессов
PROCESS_DESCR.sql	Создание таблицы описания процессов
PROCESS_LINK.sql	Создание таблицы статуса процессов
PROCESS_PARAM_FILTER.sql	Создание таблицы фильтров параметров процесса
PU.sql	Создание таблицы единиц продукции

Название функции	Команда
PU_DESCR.sql	Создание таблицы описания единиц продукции
PU_DESCR_SYNT.sql	Создание таблицы параметров-синтетиков
PU_FAMILY.sql	Создание таблицы объединений ЕП
PU_FAMILY_ANC.sql	Создание таблицы наследования объединений ЕП (по возрастанию)
PU_FAMILY_DES.sql	Создание таблицы наследования объединений ЕП (по убыванию)
PU_FOR_RELOAD_SIGNAL.sql	Создание таблицы для перегрузки сигналов ЕП
PU_GROUP.sql	Создание таблицы групп ЕП
PU_GROUP_CONTENT.sql	Создание таблицы содержимого групп ЕП
PU_GROUP_DESCR.sql	Создание таблицы описания групп ЕП
PU_GROUP_DESCR_PARAM.sql	Создание таблицы параметров групп ЕП
PU_GROUP_DESCR_TEMPLATE.sql	Создание таблицы шаблонов описания групп ЕП
PU_GROUP_TYPE.sql	Создание таблицы типов групп ЕП
PU_LINK.sql	Создание таблицы статуса ЕП
PU_REL.sql	Создание таблицы связей ЕП
PU_STAT.sql	Создание таблицы статистик ЕП
PU_TYPE.sql	Создание таблицы типов ЕП
PU_TYPE_AGGREGATE.sql	Создание таблицы связки агрегатов и типов ЕП
STATISTIC_PARAM.sql	Создание таблицы параметров-статистик
Z_AUDIT_DDL.sql	Создание таблицы журналирования изменения схемы БД
Z_DDL.sql	Создание таблицы схемы БД
Z_INST_LOG.sql	Создание таблицы логирования изменения схемы

Приведенный перечень файлов в таблице 4.3 подтверждает сложность структуры ХГД МП и необходимость установления различных взаимосвязей между структурами данных, размещаемых в ХГД МП.

#### **4.2. Проблема выполнения запросов к единому ХГД МП, выявленные на этапе тестирования, и способ их решения**

Анализ результатов тестирования АС ВМП позволил сделать обоснованный вывод о ее работоспособности и, соответственно, работоспособности ХГД МП, как неотъемлемой части АС ВМП. Одновременно было обнаружено, что выполнение запросов к ХГД МП требует неприемлемо много времени. Для решения проблемы, обнаруженной на этапе тестирования АС ВМП, потребовалось оптимизировать механизмы выполнения запросов. Для обоснования способа оптимизации выполнения запросов к ХГД МП, рассмотрим известные подходы к решению данной проблемы.

## Оптимизация выполнения запросов к ХГД МП

Как известно [95], в СУБД на основе использования декларативного языка запросов SQL реализован механизм оптимизации запросов в виде соответствующего программного инструмента (оптимизатора запросов). Функция оптимизатора запросов состоит в выборе наиболее оптимального (исходя из набора выбранных критериев) плана выполнения запроса.

При формировании оптимального плана оптимизатор запросов решает следующие задачи.

1. Вычисление выражений и операций.
2. Преобразование *SQL*-операторов.
3. Выбор способа оптимизации - по стоимости или по правилам.
4. Выбор путей доступа.
5. Выбор порядка соединений таблиц.
6. Выбор метода соединений таблиц.
7. Определение наиболее эффективного плана выполнения запроса.

В СУБД *Oracle* реализовано два подхода к оптимизации запроса, отличающиеся используемыми критериями оптимизации.

1. Подход, основанный на оптимизации по правилам (*RULE BASED*), в котором учитываются только способы доступа к данным с зафиксированными приоритетами по эффективности доступа. (Отметим, что данный подход, использовавшийся в ранних версиях СУБД *Oracle*, обладает существенным недостатком, заключающийся в том, что здесь не учитывается реальное распределение данных.)

2. Подход, основанный на оптимизации по стоимости (*COST BASED*), в котором помимо эффективности различных путей доступа к данным, так же учитывается статистика по распределению данных и ресурсов операционной системы.

Так как в подходе *COST BASED* исполнение запроса определяется статистикой, здесь при вычислении стоимости учитывается количество блоков в таблице, количество строк, количество различных значений индексов и так далее. В этой связи для корректного выполнения запроса статистика должна собираться регулярно. Напомним, что режим работы оптимизатора устанавливается в зависимости от значения параметра *optimizer\_mode*, который может указываться на уровне сессии или на уровне экземпляра. В разработанном нами ХГД МП используются исполняемые файлы (*PU\_STAT.sql*), обеспечивающие сбор несколько видов статистик, в том числе, статистику числа элементов (*cardinality*) таблицы, статистику числа возможных значений столбца и статистику распределения данных по таблице. В реализованном нами подходе стоимость – есть мера

того, сколько памяти, ресурсов процессора и каналов ввода-вывода потребуется для выполнения запроса. Для того чтобы эффективно использовать оптимизатор, работающий на основе стоимости, необходимо собирать статистику числа элементов (cardinality) и распределения данных для каждой таблицы, индекса и материализованного представления.

Статистики собираются с помощью пакета DBMS\_STATS, в том числе.

**Статистика по таблицам**, включающая количество строк; количество блоков; количество пустых блоков; среднее доступное свободное дисковое пространство; количество мигрировавших строк; среднюю длину строк, которая хранится в словаре USER\_TABLES.

**Статистика по индексам**, включающая значения глубины индекса; количество листовых блоков; количество различных ключей; среднее количество листов блоков на ключ; среднее количество блоков данных на ключ; количество узлов индекса; значение фактора кластеризации (количество блоков, которое надо выбрать для выборки всех строк из таблицы по индексу), которая хранится в таблице USER\_INDEXES.

**Статистика по столбцам**, содержащая количество различных значений выполненных ранее запросов, минимальные и максимальные значения в столбце, количество null в столбце, которая хранится в словарях USER\_TAB\_COLUMNS, USER\_TAB\_COL\_STATISTICS.

Для оптимизации выполнения запроса реализуется индексирование данных.

### **Индексирование данных для построения запросов**

Индекс – это структура данных, которая обеспечивает СУБД возможностью более быстрого поиска записи в БД и сокращения за счет этого времени выполнения запросов пользователей. Структура индекса связана с использованием ключа поиска. Индекс размещается в файле, содержащим записи, состоящие из ключевого значения, и файле, содержащем адреса логической записи в файле, содержащей это ключевое значение. Файл, содержащий логические записи, называется файлом данных, а файл, содержащий индексные записи, — индексным файлом. Значения в индексном файле упорядочены по полю индексирования, которое обычно строится на базе одного атрибута.

**Классические индексы.** Наиболее широко используемый тип индексной структуры в базе данных являются индексы на основе В-дерева, которые, по своей сути, подобны двоичному дереву поиска. Цель их создания состоит в минимизации времени поиска данных сервером Oracle. [96]

**Функциональные индексы** (индексы по функции), основанные на использовании В-дерева или битовых карт, в которых сохраняются вычисленные ранее результаты применения функции столбцам или строкам, но не сами данные столбца/строки [97].

Например:

`SELECT * FROM T WHERE ФУНКЦИЯ(СТОЛБЕЦ) = НЕКОТОРОЕ_ЗНАЧЕНИЕ,`  
поскольку значение `ФУНКЦИЯ(СТОЛБЕЦ)` уже вычислено и хранится в индексе.

**Битовые индексы**, основанные на устанавливаемом в *B*-дереве однозначном соответствии между записью индекса и строкой (запись индекса указывает на строку). Отметим, что в индексе на основе битовых карт запись использует битовую карту для ссылки на большое количество строк одновременно. В этой связи, обсуждаемые индексы подходят для столбцов, у которых число вариантов возможных значений данных невелико (примером таких данных является столбец, ячейки которого имеют всего три значения: Y, N и NULL). При этом, собственно, число столбцов может быть большим (до нескольких миллионов) [98].

Проиллюстрируем использование битового индекса следующим примером. Предположим, что создан индекс на основе битовых карт по столбцу `JOB` в таблице `EMP`:

```
create BITMAP index job_idx on emp(job);
```

Пример информации, сохраненной сервером Oracle в битовом индексе, представлен на рисунке 4.6.

<i>Значение/Строка</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
ANALYST	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
CLERK	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
MANAGER	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
PRESIDENT	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
SALESMAN	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 4.6. Пример битового индекса

Из рисунка 4.6 видно, что в строках 8, 10 и 13 находится значение `ANALYST`, тогда как в строках 4, 6 и 7 — значение `MANAGER`. При этом понятно, что пустых строк нет (индексы на основе битовых карт содержат записи для пустых значений – отсутствие такой записи в индексе означает, что пустых строк нет). Таким образом, при необходимости подсчета числа строк, в которых строках хранится значение `MANAGER`, индекс на основе битовых карт позволит сделать это очень быстро. И, наоборот, если необходимо найти все строки, в которых в столбце `JOB` хранится значение `CLERK` или `MANAGER`, достаточно просто скомбинировать соответствующие битовые карты из индекса.

**Индекс-организованные таблицы.** Индекс-организованные таблицы – кластерные индексы. Здесь в индексе хранятся значения столбцов, выбранных для индекса, которые соединены в одно значение. Индекс-организованным таблицам ставится в соответствие фиктивное (`rowid`) значение индекса, что обеспечивает при запросе быстрое сканирование

индексов. Также отметим, что использование кластерных индексов способно заметно увеличить производительность поиска данных в сравнении с некластерными индексами, особенно при работе с последовательностями данных. В качестве кластерного индекса следует выбирать столбцы, наиболее часто используемые в качестве критериев поиска. При этом необходимо отметить, что для индексирования не следует использовать слишком длинные столбцы. Кроме того, поскольку кластерный индекс может включать несколько столбцов, по возможности следует использовать минимально необходимое количество столбцов. Одновременно, следует избегать создания кластерного индекса для часто изменяемых столбцов, так как сервер должен будет выполнять физическое перемещение всех данных в таблице, чтобы они находились в упорядоченном состоянии, как того требует кластерный индекс.

Для интенсивно изменяемых столбцов целесообразно использовать некластерный индекс.

**Индекс MD (MultiDimensional)** – многомерный индекс на основе R-дерева, представляющий собой конъюнкцию сравнений значений параметров с константами, используется для диапазонного поиска по условиям сравнения или чёткого равенства множества параметров [99].

Данный тип индексов позволяет оптимизировать выборку в любой конъюнктивной комбинации сравнений значений параметрами с константами (не обязательно соответствующими определению индекса). Например, если индекс определён как

$$\{\langle Cr \rangle > 1 \text{ and } \langle Nb \rangle > 1 \text{ and } \langle V \rangle < 1\},$$

то фильтр

$$\{\langle Cr \rangle < 0.1 \text{ and } \langle V \rangle \geq 0.5\},$$

также будет оптимизирован данным индексом.

При наличии множества подходящих основных индексов выбирается индекс с наибольшим соответствующим числом задействованных параметров, остальные индексы используются в качестве вспомогательных.

**Индекс ET (Equality Test)** – битовый индекс выполнения условия, используемый для поиска точного соответствия условию. Данный индекс применяется для оптимизации сложных условий выборки. Например, в качестве определения индекса может быть задано сложное выражение с агрегацией, переходами по генеалогии и вызовами функций. Ускорение работы данного фильтра возможно за счет использования битовых карт, которые позволят применить одновременно любое требуемое количество условий [100].

**Индекс FE (Fast Evaluation)**, кэширующий пересчитанные значения выражений value в хэш-таблице, для реализации быстрых расчётов сложных выражений. Данный

индекс применяется для хранения заранее рассчитанных сложных производных значений в хэш-таблице. Индекс используется для получения значений колонки, не используется для расчета фильтров запросов [101].

Принимая во внимание структуру ХГД МП, изученные в Главе 2, отличительной особенностью которого является хранение данных о множестве ЕП, можно сделать вывод о том, что из перечисленных типы индексов, традиционно используемых в СУБД, для построения запросов к ХГД МП наиболее подходят следующие индексы.

1. Индекс *MD* – многомерный индекс на основе *R*-дерева, обеспечивающий поиск по множеству параметров ЕП, что соответствует структуре хранения данных в ХГД МП.
2. Индекс *ET* – битовый индекс выполнения условия, обеспечивающий поиск точного соответствия условию.
3. Индекс *FE* – индекс, кэширующий пересчитанные значения выражений *value* в хэш-таблице.

Структурная схема механизма выполнения запросов на языке КЗ и команд ХГД МП с помощью кэша данных приведена на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7. – Структурная схема взаимодействия КЗ с ХГДМ при использовании кэширования данных

Из рисунка 4.7 видно, что кэш данных ХГД МП, размещаемый в основной памяти ХГД МП, обеспечивает осуществляет вызовы данных, соответствующих условиям запроса, из ХГД МП в кэш основной памяти без использования вызовов СУБД Oracle. При этом кэш данных настраивается через шаблонные запросы конструктора запросов, в котором в опциях колонки можно указать какие данные и как должны быть проиндексированы.

Пример структурной схемы установленного соответствия между индексами и

свойствами колонок и их типами представлена на рисунке 4.8.

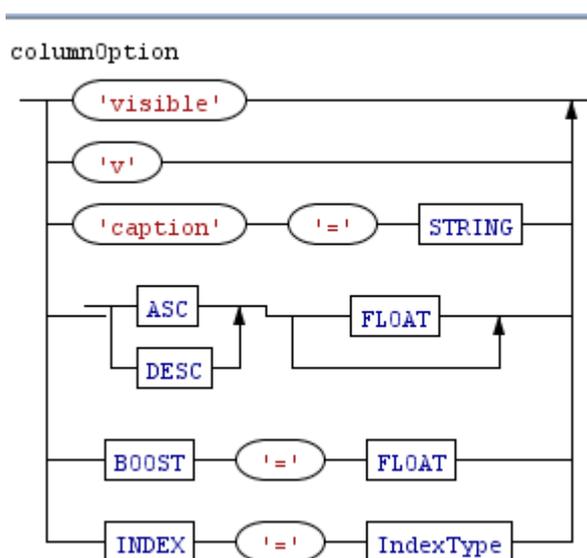


Рисунок 4.8. Структурная схема соответствия между индексами и свойствами колонок

Отметим, что кэш данных также может использоваться для анализа запросов. Для этого достаточно применить метод

```
public QueryResultAnalyzeQuery(String query, int limit, int offset, StringBuilder analyzeResult)
```

класса WarehouseCache, здесь

String query – анализируемый запрос;

int limit – размер результирующей выборки;

int offset – смещение от начала выборки;

StringBuilderanalyzeResult – текстовый контейнер, в который выводится результат анализа запроса.

При анализе запроса также происходит его выполнение. После возврата вызова метода анализа текстовый контейнер содержит информацию об индексах, задействованных во время выполнения запроса.

### Синхронизация кэша данных

Данные кэша и данные ХГД МП синхронизируются автоматически при выполнении запросов КЗ. При этом реализуется принцип Lazy Loading – синхронизация данных, затронутых запросом. Измененные данные попадают в КЭШ через подписку на события модуля ОДАСП. Описанный процесс не требует конфигурирования и настройки.

Для реализации взаимодействия модуля КЗ с модулем ХГД МП в части получения данных из ХГД МП на языке JAVA были написаны функции, названия которых и реализуемые ими действия, представлены в таблице 4.4.

## Функции, используемые в подсистеме индексирования кэша данных ХГД МП

Название	Выполняемое действие
EqualityTestIndex.java	Построение индекса соответствия ключ-значения
FastEvaluationIndex.java	Построение индекса быстрого расчёта значений
PIndex.java	Построение индекса абстрагирования подсистемы индексирования
IndexFactory.java	Инициализации индексов основной памяти
IndexType.java	Определение типа индекса
MDIndex.java	Построение пространственного индекса на основе многомерного дерева

**Комбинирование индексов**

При расчёте результата запроса используется комбинация из трёх групп индексов. В каждой из трёх групп индексы также могут комбинироваться.

При использовании *FE*-индексов для разных колонок результата могут быть использованы разные *FE*-индексы, что обеспечивает возможность использования комбинаций *FE*-индексов.

Для комбинирования *ET*-индексов создаются соответствующие битовые (*bitmap*) потоки. Затем реализуется процедура конкатенации битовых потоков и далее извлечение из ХГД МП, хранящихся в нем объектов, удовлетворяющих условиям объединенного *ET*-индекса. При этом необходимо отметить известные ограничения комбинированных *bitmap*-индексов, связанных с невозможностью компрессии битового потока и их использования для расчёта обратного условия.

При использовании комбинированных *MD*-индексов, получаемых как результат конъюнкции условий поиска отдельных *MD*-индексов, выбирается индекс с максимальным количеством совпадающих измерений поиска. Данный *MD*-индекс является основным индексом комбинации. Выборка результата поиска основного индекса далее проверяется по всем дополнительным индексам в комбинации. Затем (при наличии), рассчитываются неиндексированные фильтры.

Описанный подход комбинирования индексов позволил, как показали результаты тестовых испытаний, изложенных в Главе 4 избежать возможных конфликтов индексов, что свидетельствует о возможности использования любых комбинаций индексов данных.

**Команды ХГД МП**

Запросы КЗ и команды ХГД МП являются входными данными ХГД МП. Запросы КЗ описаны в разделе руководства программиста (ПриложениеХ4), посвящённом КЗ. Команды ХГД МП – это сообщения, поступающие на интерфейс выполнения запросов

WarehouseCache, но не являющиеся рассчитываемыми запросами. Команды начинаются с восклицательного знака «!». Поступающие в ХГД МП команды перенаправляются в метод

`QueryResult RunSystemCommand(String query),`

который выполняет функции диспетчера команд.

Для проведения тестирования ХГД МП были разработаны два типа команд:

1. Команда заполнения ХГД МП тестовыми данными, имеющая следующий синтаксис вызова:

**! тестовый набор [номер тестового набора]**

При этом была предусмотрена возможность использования в качестве тестового набора данных как искусственно синтезируемых наборов данных, так и реальных данных МП, полученным в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Последний набор данных содержит информацию о продукции МП, назначении заказов на поставку продукции (в т.ч. переназначенные заказы и бракованные единицы продукции), режимах функционирования оборудования, химическом составе плавков и их перемещению по переделам в процессе производства, в т.ч. с генеалогическими зависимостями между единицами продукции.

2. Команда очистки ХГД МП от тестовых данных, имеющая следующий синтаксис вызова

**! очистка**

**Результат выполнения запроса к ХГД МП**

Выходными данными запроса, выполненного к ХГД МП, являются результаты выполнения запроса, возвращаемые в фасад кэша ХГД МП. Результат выполнения запроса является экземпляр класса `QueryResult`. Формат визуализации экземпляров данного класса определяются настройками программной документации `DataResult`, являющимся, в свою очередь, отдельным независимым классом и содержащим набор дополнительных свойств. Пример визуализации результата выполнения запроса, списка ошибок и сообщений ХГД МП о результатах выполнения запроса, в соответствие с индустриально принятым подходом при организации цикла запрос-ответ (REPL), представлен на рисунке 4.9.

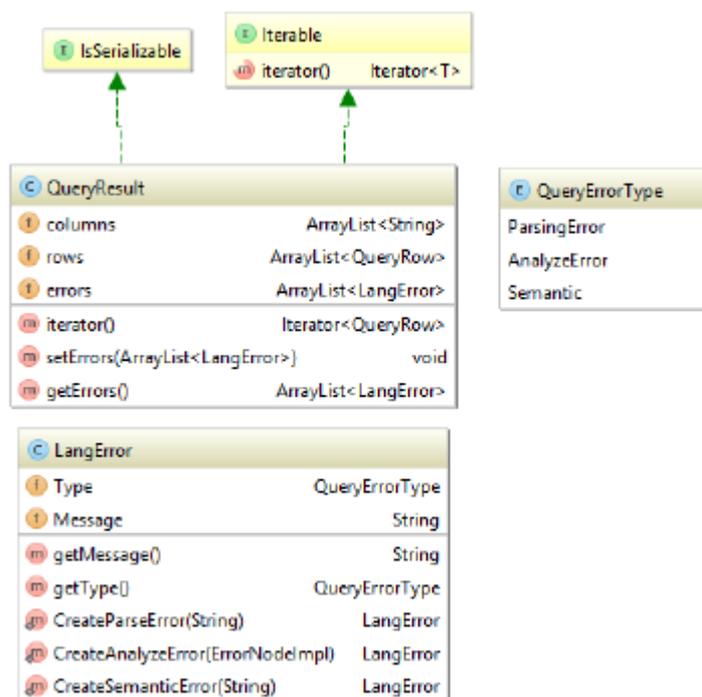


Рисунок 4.9 – Дatalogическая схема результата выполнения запроса

Таким образом, приведенные выше результаты позволяют сделать обоснованный вывод о том, что разработанные программные инструменты обеспечивают взаимодействие ХГД МП и КЗ, в том числе, за счет реализации следующих функций:

- а) конструирование запросов на выдачу данных о продукции, о технологических, логистических и организационных (бизнес) процессах без привлечения ИТ-специалистов;
- б) создание и запись шаблонов построенных запросов в ХГД МП;
- в) выполнение запросов на выдачу данных:
  - 1) о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции;
  - 2) о параметрах выпущенной продукции;
  - 3) о функционировании и простоях оборудования;
  - 4) о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса.

### 4.3. Программные инструменты, обеспечивающие работоспособность ХГД МП

Для обеспечения работоспособности ХГД МП потребовалось решить следующий перечень задач:

1. резервное копирование данных;
2. защита от несанкционированного доступа к данным (НСД);
3. контроль целостности данных;

4. журналирование (логирования) событий, возникающих в процессе использования ХГД МП.

### Резервное копирование данных

Для реализации функции резервного хранения данных, размещенных в ХГД МП, на языке PL\SQL были реализованы следующие функции, названия которых и реализуемые ими действия представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5.

Подпрограммы, используемые в подсистеме резервного копирования данных ХГД МП

Название подпрограммы	Выполняемое действие
backup_sg	Формирование последовательности команд резервного копирования сигнальных данных
backup_oltp	Резервное копирование оперативных данных
backup_tables_manual	Резервное копирование структуры данных
restore_data(dt varchar2)	Резервное копирование дат, к которым привязаны оперативные данные

Данные подпрограммы, объединены в подсистему "STREAMADMIN"."PKG\_BACKUP".

### Резервирование данных единого ХГД МП

Резервирование данных ХГД МП проходит в следующем строго определенном порядке:

1. Актуализация схем данных, созданных функцией Z\_DDL.sql, которые содержатся в справочниках (DDL).
2. Восстановление справочных данных.
3. Восстановление оперативных данных.
4. Восстановление сигнальных данных.
5. Актуализация схем.

Функции, обеспечивающие выполнение приведенной выше последовательности действий, написанные на языке PL\SQL объединены в программный пакет PKG\_RESTORE (таблица 4.6).

Таблица 4.6.

### Функции программного пакета PKG\_RESTORE

Название функции	Выполняемое действие
backup_sg	Формирование последовательности команд резервного копирования сигнальных данных
backup_oltp	Резервное копирование оперативных данных
backup_tables_manual	Резервное копирование структуры данных
restore_data(dt varchar2)	Резервное копирование дат, к которым привязаны оперативные данные

Рассмотрим более подробно действия, реализуемые для восстановления данных ХГД МП.

#### Актуализация схем данных единого ХГД МП

В процессе актуализации данных ХГД МП, реализуемом с помощью процедуры `restore_ddl_dict`, восстанавливаются справочники, содержащие информацию о DDL изменениях, представленные в таблице 4.7.

Таблица 4.7.

#### Процедуры программного пакета PKG\_RESTORE

Название процедуры	Операции, выполняемые процедурой
<code>z_ddl</code>	Скрипты, созданные процедурой <code>PKG_DDL</code> , создается начальное состояние схемы базы данных
<code>z_audit_ddl</code>	Восстанавливает историю изменений структуры данных ХГД МП в виде сохраненных скриптов
<code>restore_ddl_dict</code>	Восстанавливается схема соответствующей дате Входным параметром для данной процедуры является дата.
<code>restore_oltp_data</code>	Восстановления только справочных данных, входной параметр <code>dict_data</code>
<code>restore_oltp_data</code>	Восстановления только справочных данных, входной параметр <code>dict_data</code>
<code>restore_sg_data</code>	Восстановление сигнальных данных <code>data pump</code> работает в режиме APPEND.

Пример запуска процедуры для восстановления данных, полученных в период с 01.04.2021 по 05.04.2021 [включая сигналы].

Для данной операции понадобятся следующие файлы:

- 4 файла «exp\_oltp\_dump\_01-04-2021»
- 4 файла «exp\_oltp\_dump\_04-04-2021»
- 4 файла «exp\_sg\_dump\_01-04-2021»
- 4 файла «exp\_sg\_dump\_04-04-2021»

### **Защита от несанкционированного доступа (НСД)**

Здесь и далее в этом разделе используются термины и определения, утвержденные в документе «РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ» от 30 марта 1992 года [102].

В связи с тем, что ХГД МП реализовано на базе СУБД Oracle, очевидным оказывается решение о применении внутренних механизмов обеспечения защиты от НСД встроенными средствами СУБД, т.к. любая надстройка над СУБД будет работать на более высоком уровне и не обеспечит необходимую степень защиты.

Защита от НСД ХГД МП реализована с использованием Oracle Database Vault, который обеспечивает выполнение следующих функций.

- а) Привилегированный пользовательский доступ к данным приложений.
- б) Управление доступом к ХГД с помощью многофакторных политик, основанных на таких условиях.
- в) Обнаружение и составление отчетов о привилегиях и ролях (матриц доступа), используемых в базе данных.
- г) Ограничение нерегламентированного доступа к данным приложений за счет предотвращения обхода приложений.

### **Средства проверки целостности данных**

Для проверки целостности данных, находящихся в ХГД МП, использованы соответствующие механизмы проверки и контроля целостности данных, реализованные в СУБД Oracle, в том числе:

- а) средства проверки физической целостности журнала транзакций LGWR (Log Writer) и значения контрольных сумм файлов;
- б) средства проверки логической целостности данных (Data Integrity), представленные классическими элементами СУБД Oracle: первичными и внешними

ключами (ссылочная целостность), ограничениями (непротиворечивость данных), каскадные удаления.

### **Средства журналирования (логирования)**

Журналирование и логирование действий пользователя ХГД МП в системном журнале ХГД МП, а также решение задач мониторинга критических событий ХГД МП (например, проверку объема свободного места на диске, нахождение устаревших индексов и т.д), ведение пользовательских логов, осуществляется с помощью функций СУБД Oracle и функций, созданных разработчиком ХГД МП. Например, для логирования действий пользователя ХГД МП используются следующие функции СУБД Oracle:

- а) KSDIND – записать в журнал факт инцидента с уровнем (от 1 до 30);
- б) KSDWRT – записать сообщение в журнал;
- в) KSDDDT – записать текущий отпечаток времени в журнал;
- г) KSDFLS – сбросить буфер журнала.

Работоспособность разработанного ПО была подтверждена результатами его тестовых испытаний, проведенных в соответствии с методикой, обсуждаемой далее.

### **4.4. Методика тестовых испытаний модуля ХГД МП**

Цель испытаний ХГД МП состояла в предварительной оценке соответствия модуля ХГД МП техническим требованиям АС ВМП, которые предусматривают:

- а) хранение в объеме не менее 7 ТБ и выдачу по запросам данных и моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов;
- б) кэширование данных ХГД МП в основной памяти (In-memory database) для оптимизации доступа к данным при выполнении запроса;
- в) синхронизацию кэша данных с хранилищем данных;
- г) индексирование кэшированных данных с возможностью одновременного применения множества индексов.

### **Требования к средствам проведения испытаний**

Испытания ХГД МП должны проводиться с помощью технических и программных средств, состав которых соответствует документации технического проекта. Для проведения испытаний ХГД не требуется специальных метрологических приборов, систем и мероприятий.

Для обеспечения единства оценки степени тяжести возможных неполадок, возникающих при проведении испытаний, следует использовать следующие оценки степени тяжести неполадок (таблица 4.8).

Оценка степени тяжести неполадок

Степень тяжести неполадки	Условный вес тяжести неполадки	Определение
Критическая	3	Неполадка повлияла на фактическую эффективность работоспособности таким образом, что все зафиксированные фактические значения количественных и качественных характеристик находятся за определёнными допустимыми пределами.
Серьёзная	2	Неполадка повлияла на фактическую эффективность работоспособности таким образом, что <i>часть</i> зафиксированных фактических значений количественных и качественных характеристик находятся за определёнными допустимыми пределами.
Незначительная	1	Неполадка повлияла на фактическую эффективность работоспособности таким образом, что некоторые зафиксированные фактические значения количественных и качественных характеристик имеют близкие и незначительные отклонения определённых допустимыми пределами.

### Требования к условиям проведения испытаний

Технические средства ХГД и персонал должно размещаться в существующих помещениях Исполнителя, которые по климатическим условиям должно соответствовать.

1) ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды» (температура окружающего воздуха от 5 до 40 °С, относительная влажность от 40 до 80 % при T=25 °С, атмосферное давление от 630 до 800 мм ртутного столба).

2) Размещение технических средств и организация автоматизированных рабочих мест должно быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 21958-76 «Система «Человеко-машинная».

### Требования к подготовке изделия к испытаниям

Подготовка к испытаниям заключается в подготовке необходимых аппаратных и программных средств, в том числе.

а) АРМ Персонала:

- 1) Intel Core i7;
- 2) 6 Гб ОЗУ;

- 3) 250 Гб дискового пространства;
  - 4) Windows 7 64 Professional.
- б) Модуль ХГД МП:
- 1) Authentic AMD FX(tm)-8350 Eight-Core Processor;
  - 2) 32 Гб ОЗУ;
  - 3) 8 Тб дискового пространства;
  - 4) Oracle Database 11g Enterprise Edition, release 11.2.0.1.1;
  - 5) операционная система RedHat Enterprise Linux 5.

### **Требования к персоналу, осуществляющему подготовку к испытаниям и испытания**

К проведению испытаний допускается персонал, прошедший обучение, изучивший техническую документацию на комплекс.

Со стороны разработчика в испытаниях должны принимать участие:

- руководитель проекта;
- разработчик ХГД МП.

В обязанности представителей разработчика входят функции технического руководства при проведении испытаний и оказания помощи в процессе анализа результатов испытаний.

Требования к наличию специальных допусков у персонала, проводящего испытания, не предъявляются.

### **Требования безопасности**

При подготовке, проведении испытаний и выполнении работ по завершению испытаний заказчик должен обеспечить соблюдение требований безопасности, установленных в:

- ГОСТ 12.2.007.0–75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей».

### **Программа испытаний модуля ХГД**

Пункты технического задания, проверяемые технические требования и номера соответствующих пунктов методики проведения испытаний представлены в таблице 4.9.

## Испытание функционального назначения ХГД

Пункт программы испытания	Наименование проверки	Техническое требование	Пункт методики
1.	Кэширование данных ХГД в основной памяти и синхронизация кэша данных с ХГД МП	Модуль ХД должен обеспечивать: а) хранение в объеме не менее 7 ТБ и выдачу по запросам данных и моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов. б) кэширование данных ХД в основной памяти (In-memory database) для оптимизации доступа к данным при выполнении запроса; в) синхронизацию кэша данных с хранилищем данных.	4.4.2.1
2	Индексирование кэшированных данных с возможностью одновременного применения множества индексов и выполнение запросов с применением индексирующих структур кэша ХГД МП	Индексирование и кэшированных данных с возможностью одновременного применения множества индексов. Выполнение запросов с применением индексирующих структур кэша ХД.	4.4.2.2

## Проверка п. 1. Программы испытаний модуля ХГД МП

Контрольное задание для проведения пункта 1 программы тестовых испытаний ХГД представлено в таблице 4.10

Таблица 4.10.

Контрольное задание «Кэширование данных ХГД в основной памяти и синхронизация кэша данных с ХГД»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый запрос инициализации тестового набора данных, добавив в него следующий текст: «!тестовый набор 5» (Тестовый набор данных № 5 представляет собой таблицу в которой записей 8282, 45 столбцов)</p> <p>Выполнить запрос.</p>	<p>Формирование сообщения о добавлении тестового набора № 5.</p>
2	<p>Запустить опытный образец программы синхронизации кэша данных с ХГД и подсчета кэшированных объектов ХГД TestQueryCache.java (текст опытного образца программы приведен в Приложении П4).</p>	<p>Выполнение опытного образца программы TestQueryCache.java ,без ошибок. Формирование на экране протокола выполнения опытного образца программы.</p> <p>Отображение в протоколе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- этапов процесса синхронизации кэша данных с ХГД;</li> <li>- количества кэшированных объектов ХГД как результата выполнения запроса к кэшу данных ХГД;</li> <li>- даты и времени завершения выполнения программы.</li> </ul> <p>Протокол выполнения опытного образца программы TestQueryCache.java.</p>

## Проверка пункта 2 Программы испытаний модуля ХГД МП

Выполнялась последовательность действий, приведеннаяую в Таблице 4.11.

Таблица 4.11.

Контрольное задание «Индексирование кэшированных данных с возможностью одновременного применения множества индексов»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый шаблонный запрос, определяющий индексы, добавив в него следующий текст:</p> <pre>index_Nв_то_ТКР[сaption='Nв/ТКР',index=FE] {"Nв"/"ТКР"},</pre> <pre>index_C_P_S[index=MD&gt;{"C"&gt;0.19 and "P" &lt; 0.1 and "S"&gt;0.004},</pre> <pre>index_Si_Cu_Cr[index=MD&gt;{"Si"&gt;0.19 and "Cu" &lt; 0.1 and "Cr"&gt;0.14},</pre> <pre>index_данные5[index=ET&gt;{"Тестовый набор данных" == 5},</pre> <pre>index_автолист[index=ET&gt;{"Тип ЕП" == 'автолист'}</pre> <p>Сохранить шаблонный запрос под именем «[Тестирование индексов кэша ХГД]».Выполнить запрос.</p>	<p>Формирование на экране результата выполнения шаблонного запроса, содержащего описание химического состава ЕП.</p>
2	<p>Запустить опытный образец программы проверки разработанных механизмов индексирования TestQueryIndexes.java (текст программы приведен в Приложении П6).</p>	<p>Выполнение опытного образца программы проверки разработанных механизмов индексирования TestQueryIndexes.java без ошибок.</p> <p>Формирование на экране протокола выполнения опытного образца программы. Отображение в протоколе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- этапов процесса синхронизации кэша данных с ХГД,</li> <li>- результата анализа запроса, использующего комбинацию индексов,</li> <li>- результата выполнения запроса (первые 10 строк).</li> <li>- даты и времени завершения выполнения программы.</li> </ul> <p>Результат представлен в Приложении П7</p>

Результаты испытаний модуля ХГД МП оформлялись в виде Протокола, приведенного в приложении 7.

#### 4.5. Результаты испытаний ПО модулей ХГД МП и КЗ

В связи с тем, что системе АС ВМП модуль ХГД МП и модуль КЗ работают совместно, были проведены совместные испытания по оценке соответствия модулей ХГД МП и модуля КЗ требованиям ТТ.

В ходе испытаний были проверена функционал модулей ХГД МП и КЗ:

- формирование массива данных по созданной структуре;
- создание и запись шаблонов построение запросов в ХГД МП;
- конструирование запросов на выдачу данных о продукции;
- выполнение запросов на выдачу данных о переназначении продукции между заказами и поставку и отбраковку продукции;
- выполнение запросов на выдачу данных о параметрах выпущенной продукции;
- выполнение запросов на выдачу данных о функционировании и простоях оборудования;
- выполнение запросов на выдачу данных о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса.

Таблица 4.12.

#### Перечень проверок для модулей ХГД МП и КЗ

Пункт программы испытания	Наименование проверки	Пункт требований ТТ	Пункт методики Тест представлен в таблице
Испытание функционального назначения ХД и КЗ			
1.	Конструирование запросов на выдачу данных о продукции, о ТЛОБП без привлечения ИТ специалистов	3.7.3.a – получение данных от АС ТП с помощью вновь разработанного адаптера для MS SQL для взаимодействия с внешними системами;	4.12
2.	Создание и запись шаблонов построенных запросов	3.7.3.6 – получение данных от КИС, MES, ERP-систем посредством вызова API-функций	4.13

Пункт программы испытания	Наименование проверки	Пункт требований ТТ	Пункт методики Тест представлен в таблице
	в ХД	с помощью асинхронного, неблокирующего, двунаправленного, событийно-ориентированного механизма обмена с внешними системами и WEB-клиентами;	
3.	Выполнение запросов на выдачу данных о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции	3.7.3.в – получение данных от КИС, MES, ERP-систем с помощью вновь разработанного адаптера для Oracle;	4.14.
4.	Выполнение запросов на выдачу данных о параметрах выпущенной продукции	3.7.3.в – получение данных от КИС, MES, ERP-систем с помощью вновь разработанного адаптера для Oracle;	4.15
5.	Выполнение запросов на выдачу данных о функционировании и простоях оборудования	3.7.3.в – получение данных от КИС, MES, ERP-систем с помощью вновь разработанного адаптера для Oracle;	4.16
6.	Выполнение запросов на выдачу данных о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса	3.7.3.в – получение данных от КИС, MES, ERP-систем с помощью вновь разработанного адаптера для Oracle	4.17

Таблица 4.12.

Контрольное задание «Конструирование запросов на выдачу данных о  
продукции, о ТЛОБП»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый запрос инициализации тестового набора данных, добавив в него следующий текст: !тестовый набор 5</p> <p>Выполнить запрос.</p> <p>Описание содержимого и пригодности для проведения испытания «!тестового набора5»</p>	<p>Формирование сообщения о добавлении тестового набора 5.</p>
2	<p>Создать новый запрос на выдачу данных о продукции, о ТЛОБП. Добавить в редактор текста запроса следующий текст:</p> <pre>[caption='Номер заказа',asc]{&lt;name:'Номер заказа'&gt;}, {"Тип АЕП" == 'Статистика Склад'}, [caption='Планируемая дата отгрузки']{&lt;name:'Планируемая дата отгрузки'&gt;}, [caption='Фактическая дата отгрузки']{&lt;name:'Фактическая дата отгрузки'&gt;}, Время[v&gt;{"Планируемая дата отгрузки" &gt; "Фактическая дата отгрузки" and "Фактическая дата отгрузки" is not null}, данные5</pre> <p>Выполнить запрос.</p>	<p>Формирование на экране результата выполнения запроса, содержащего информацию о ходе выполнения заказа: номер заказа, планируемая дата отгрузки, фактическая дата отгрузки.</p> <p>Результат выполнения запроса приведен на рисунке 4.10</p>

Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о ходе выполнения заказа, приведен на Рисунок 4.10.

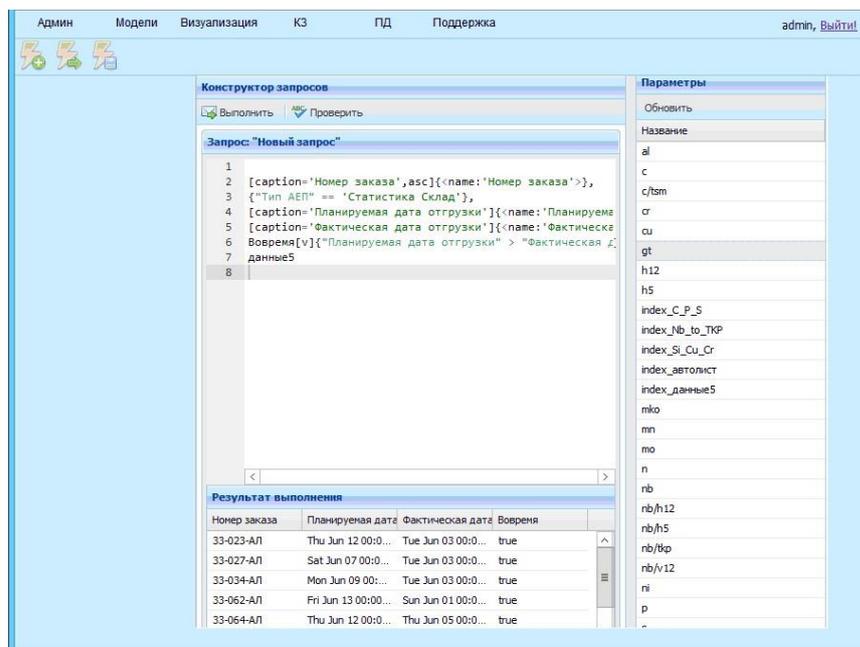


Рисунок 4.10 – Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о ходе выполнения заказа

Таблица 4.13.

Контрольное задание «Создание и запись шаблонов построенных запросов в ХД

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый шаблон запроса, добавив в него следующий текст: данные5{"Тестовый набор данных" == 5}, автолист{"Тип ЕП" == 'автолист'}, плавка{"Тип ЕП" == 'плавка'}, данные8{"Тестовый набор данных" == 8}</p> <p>Сохранить шаблон запроса под именем «[Шаблоны запросов обращения к набору данных 5]».</p>	<p>Отсутствие сообщений об ошибке при сохранении шаблона запроса в ХД.</p>

Таблица 4.14.

Контрольное задание «Выполнение запросов на выдачу данных о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый запрос, добавив в него следующий текст:</p> <pre>[caption='Текущий заказ']{"Номер заказа ЕП"}, [caption='Исходный заказ']{"Номер заказа ЕП".Last}, переназначенные {&lt;name:'Номер заказа ЕП'&gt; != &lt;name:'Номер заказа ЕП'&gt;.Last}, [caption='Всего назначений'] {&lt;name:'Номер заказа ЕП'&gt;.Count.All}, ЕП[desc] {&lt;name:'Название ЕП'&gt;}, [caption='Дата создания'] {&lt;name:'Дата создания ЕП'&gt;}, автолист, данные5</pre> <p>Выполнить запрос.</p>	<p>Формирование на экране результата выполнения запроса, содержащего информацию о переназначенных единицах продукции. Результат выполнения запроса приведен на рисунке 4.11.</p>

Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции, приведен на рисунке 4.11.

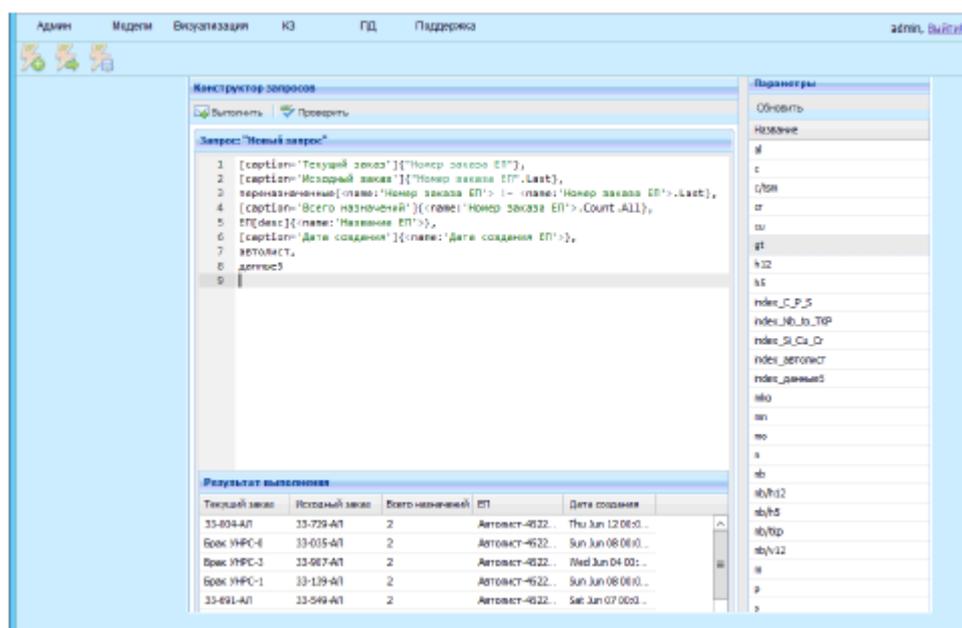


Рисунок 4.11 – Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции

Контрольное задание «Выполнение запросов на выдачу данных о параметрах выпущенной продукции»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый запрос, добавив в него следующий текст:</p> <pre>[caption='C']{&lt;name:'C'&gt;}, [caption='Mn']{&lt;name:'Mn'&gt;}, [caption='P']{&lt;name:'P'&gt;}, [caption='S']{&lt;name:'S'&gt;}, [caption='Si']{&lt;name:'Si'&gt;}, [caption='Cu']{&lt;name:'Cu'&gt;}, [caption='Ni']{&lt;name:'Ni'&gt;}, [caption='Cr']{&lt;name:'Cr'&gt;}, [caption='Mo']{&lt;name:'Mo'&gt;}, [caption='Nb']{&lt;name:'Nb'&gt;}, [caption='V']{&lt;name:'V'&gt;}, [caption='Ti']{&lt;name:'Ti'&gt;}, [caption='Al']{&lt;name:'Al'&gt;}, [caption='N']{&lt;name:'N'&gt;}, [caption='H5']{&lt;name:'H5'&gt;}, [caption='H12']{&lt;name:'H12'&gt;}, [caption='MKO']{&lt;name:'MKO'&gt;}, [caption='V12']{&lt;name:'V12'&gt;}, [caption='T5']{&lt;name:'T5'&gt;},</pre>	<p>Формирование на экране результата выполнения запроса, содержащего информацию о параметрах выпущенной продукции.</p> <p>Результат выполнения запроса приведен на рисунке 4.12.</p>

Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о параметрах выпущенной продукции, приведена на рисунок 4.12.

C	Mn	P	S	Si	Cu
0.19	0.67	0.011	0.004	0.28	0.08
0.19	0.67	0.011	0.004	0.28	0.08
0.19	0.65	0.012	0.006	0.25	0.03
0.19	0.64	0.012	0.008	0.23	0.09
0.21	0.65	0.008	0.007	0.22	0.07

Рисунок 4.12 – Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего

информацию о параметрах выпущенной продукции

Таблица 4.16.

Контрольное задание «Выполнение запросов на выдачу данных о функционировании и простоях оборудования»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый запрос, добавив в него следующий текст:</p> <pre>[caption='Название агрегата']{&lt;name:'Название агрегата'&gt;}, [caption='Суточная наработка, ЕП']{&lt;name:'Нарработка за сутки'&gt;}, {"Тип АЕП" == 'Статистика'}, данные5</pre> <p>Выполнить запрос</p>	<p>Формирование на экране результата выполнения запроса, содержащего информацию о функционировании и простоях оборудования. Результат выполнения запроса приведен на рисунке 4.13.</p>

Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о функционировании и простоях оборудования, приведен на рисунок 4.13.

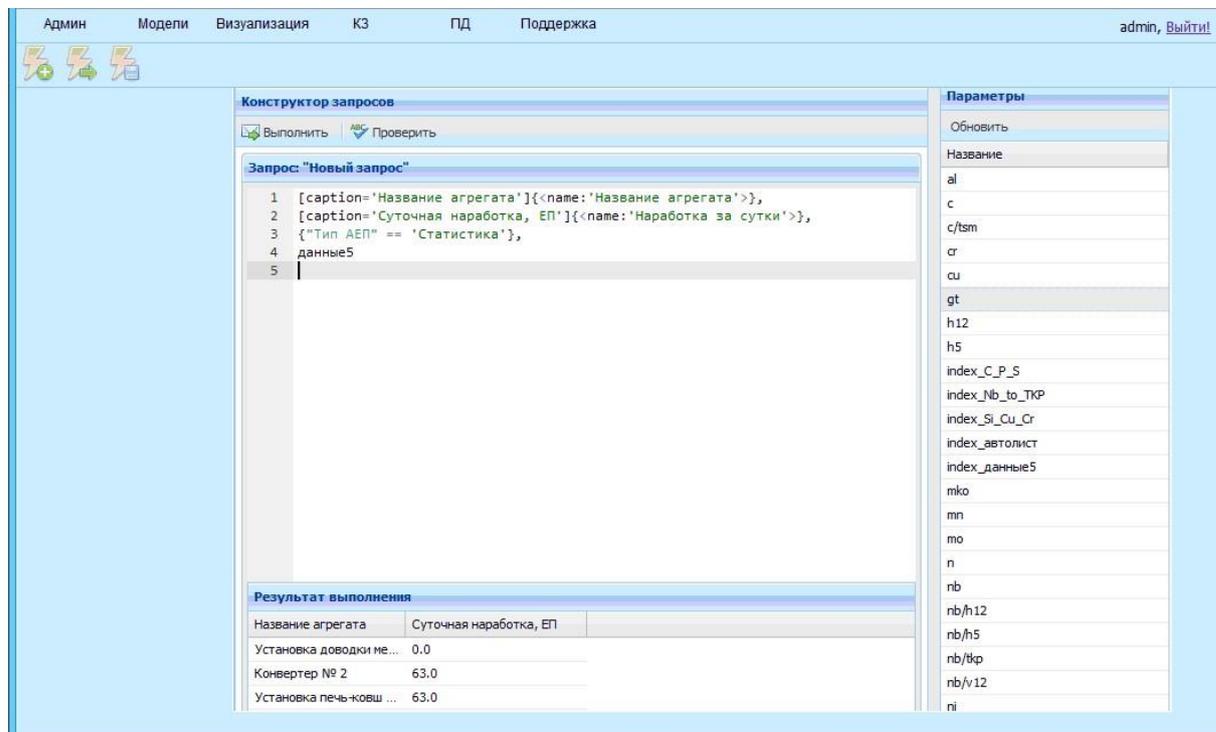


Рисунок 4.13 – Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о функционировании и простоях оборудования

Контрольное задание «Выполнение запросов на выдачу данных о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса»

№ п/п	Действие	Ожидаемый результат
1	<p>В АРМ персонала выбрать в главном меню пункт «КЗ».</p> <p>Создать новый запрос, добавив в него следующий текст:</p> <pre>[caption='Единица продукции']{&lt;name:'Название ЕП'&gt;}, [caption='Время создания ЕП']{&lt;name:'Дата создания ЕП'&gt;}, [caption=' ДВ начала плавки на конвертере']{&lt;name:'ДВ начала плавки на конвертере'&gt;}, [caption=' ДВ окончания плавки']{&lt;name:'ДВ окончания плавки'&gt;}, [caption='Номер Конвертера']{&lt;name:'Номер Конвертера'&gt;}, [caption=' ДВ начала обработки на УДМ']{&lt;name:'ДВ начала обработки на УДМ'&gt;}, [caption=' ДВ окончания обработки на УДМ']{&lt;name:'ДВ окончания обработки на УДМ'&gt;}, [caption=' ДВ конца обработки УПК']{&lt;name:'ДВ конца обработки УПК'&gt;}, [caption=' ДВ начала обработки']{&lt;name:'ДВ начала обработки'&gt;}, [caption='Номер Позиции УПК']{&lt;name:'Номер Позиции УПК'&gt;}, [caption='Номер сталь-ковша']{&lt;name:'Номер сталь-ковша'&gt;}, [caption='Признак обработки на УПК']{&lt;name:'Признак обработки на УПК'&gt;}, [caption=' ДВ начала разливки (учетное)']{&lt;name:'ДВ начала разливки (учетное)'&gt;}, [caption=' ДВ окончание разливки (учетное)']{&lt;name:'ДВ окончание разливки (учетное)'&gt;}, [caption='Номер УНРС, номер']{&lt;name:'Номер УНРС, номер'&gt;}, плавка, данные5</pre> <p>Выполнить запрос.</p>	<p>Формирование на экране результата выполнения запроса, содержащего информацию о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса.</p> <p>Результат выполнения запроса приведен на рисунке 4.14.</p>

Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса, приведена на рисунок 4.14.

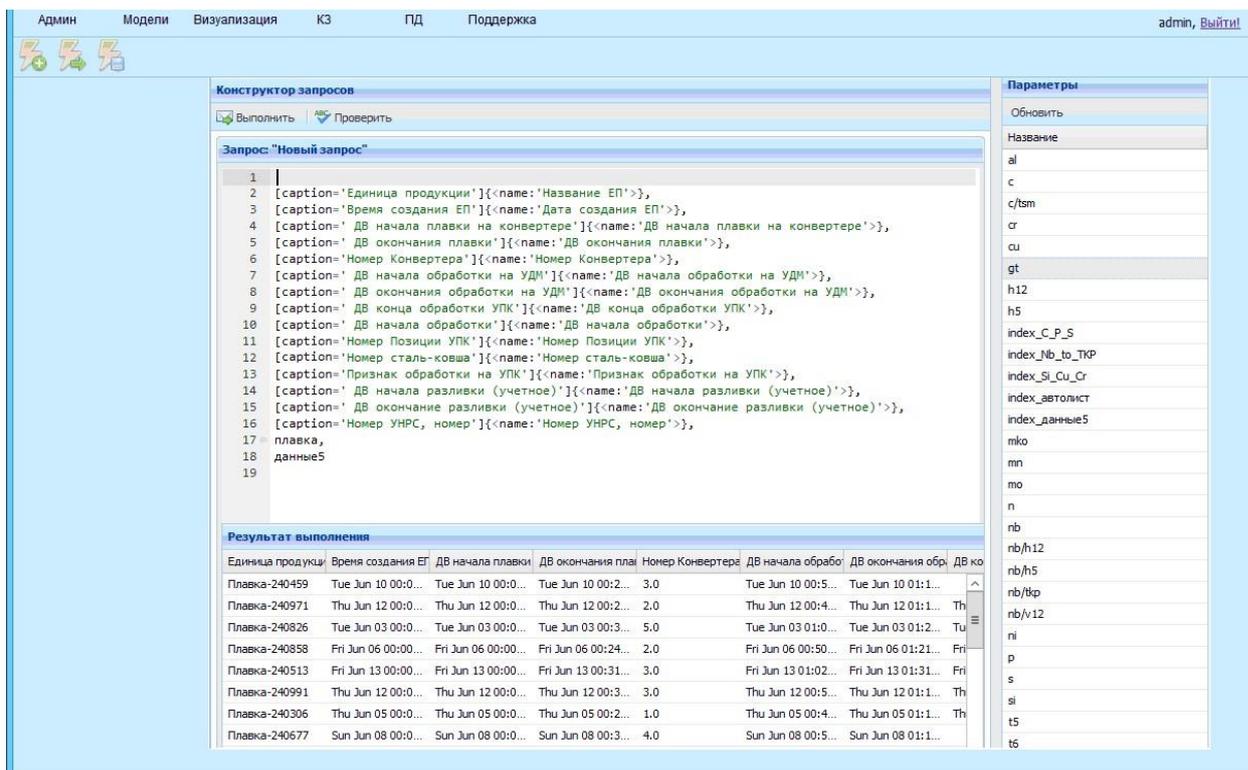


Рисунок 4.14 – Экранная форма результата выполнения запроса, содержащего информацию о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса

Таким образом, все результаты тестовых испытаний модулей ХГД МП и КЗ общей системы АС ВМП были признаны успешными.

Для их практического использования в составе АС ВМП также были разработаны инструкции:

- системного администратора Модуля ХГД МП;
- программиста Модуля ХГД МП;
- оператора Модуля ХГД МП.

#### 4.6. Вывод по четвертой главе

1. Обоснован выбор программных инструментов, используемых для разработки ХГД МП.
2. Разработаны программные инструменты, обеспечивающие функционирование модуля ХГД МП в составе единой АС ВМП и решение следующих задач:
  - 2.1. сбор, хранение и предоставление технологической информации по запросам пользователей;
  - 2.2. надежное хранение и быстрый доступ к ХГД МП, поддержка их хронологии, целостности и непротиворечивости, что обеспечивает

осуществление высокопроизводительной аналитической обработки данных;

2.3. обмен данными между ХГД МП АИС САД и автоматизированными системами МП всех уровней ОДАСП;

2.4. предоставление пользователю удобного интерфейса для создания требуемых выборок информационных параметров и формирование нерегламентированных отчетов (КЗ);

2.5. АИС САД предоставляет данные для создания имитационных моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов (СМП). При принятии управленческих решений для анализа и оптимизации бизнес-процессов МП.

3. Проведены тестовые испытания разработанных программных инструментов, обеспечивающих функционирование модуля ХГД МП в составе единой АС ВМП, результаты которых подтвердили их работоспособность и соответствие ТТ на АС ВМП.

## Заключение

В проведенном диссертационном исследовании получены следующие результаты.

1. Проведен анализ проблем интеграции разнородных данных, методов интеграции, технологий хранения и доступа к разнородным данным показал, что их современное состояние потенциально позволяет создавать хранилища разнородных данных, однако, для этого необходима разработка методологии структурного синтеза хранилищ гетерогенных данных.

2. Общей проблемой для каждого многоэтапного промышленного предприятия является гетерогенность данных производственных процессов, для анализа которых и решения задач управления качеством продукции необходимо разместить эти данные в едином ХГД.

3. Разработана универсальная методология структурного синтеза единого ХГД, предусматривающая системный анализ технологических процессов с целью разработки информационных сущностей «План производства», «Готовая продукция», «Единица продукции», их онтологического описания, разработки логической структуры единого ХГД и обоснования выбора технологии разработки единого ХГД, которая обеспечит реализацию логической структуры ХГД.

4. На основе методологии структурного синтеза ХГД разработан модуль «ХГД МП», являющийся неотъемлемой частью АС ВМП, и соответствующие программное обеспечение единого ХГД МП, работоспособность которого подтверждена результатами тестовых испытаний.

**Рекомендуется дальнейшее развитие темы** в направлении применения предложенной в диссертации методологии структурного синтеза ХГД для разработки единых ХГД промышленных предприятий других отраслей и их использование для повышения качества выпускаемой продукции и оптимизации бизнес-процессов предприятия.

## Перечень сокращений и обозначений

ERP-системы	EntERPrise Resource Planning
ЕТ	Equality Test.
FE	Fast Evaluation
MD	(MultiDimensional) –
MES – системы	Manufacturing Execution System
АИС МОД	Автоматизированная Информационная Система Моделирования Организационной Деятельности предприятия
АИС САД	Автоматизированная Информационная Система Сбора и Анализа Данных
АС ВМП	Автоматизированная Система Выпуска Металлургической Продукции
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
БД	Базы данных
ГД	Гетерогенные данные
ГП	Готовая продукция
ЕП	Единица продукции
ДЕП	триплет «событие, ЕП, источник»:
ИИ	Источник информации
ИМ	Модуль Имитационного Моделирования
ИП	Информационные параметры
ИС	Информационные системы
КЗ	Конструктор Запросов
КИС	Корпоративные информационные системы
МНЛЗ	Машина непрерывного литья заготовок
МП	металлургическое производство
НЛЗ	непрерывное литье заготовок
НСД	Несанкционированного доступа
ОДАСП	Обмена Данными с Автоматизированными Системами Предприятия
ОПП	модуль Организационных Процессов Предприятия
ПД	модуль Подготовки Данных
ПП	План производства
ПТП	Параметры технологического процесса
СПМ	Модуль Создания Моделей Предприятия
СУБД	Система управления базами данных
ТЛОБП	Технологические, логистические и организационные (бизнес) процессы
ТП МП	технологических процессов металлургического производства
ТТ	Технические Требования
УДМ	Установках доводки металла
УДЧ	Установке десульфурации
УКП	Установках ковш-печь
ФХС	Физико-химических свойства
ХГД МП.	Хранилище гетерогенных данных металлургического производства
ХД	Хранилище данных

## Список литературы

1. Стефани Е.П. Основы построения АСУ ТП. Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id335138p1.html> (дата обращения: 10.02.2018).
2. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация. Спирли Эрик. – Том. 1: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001.
3. Халимон, В.И. Базы данных: учебное пособие / В.И. Халимон, Г.А. Мамаева, А.Ю. Рогов, В.Н. Чепикова - С-Пб.: СПбГТИ(ТУ), 2017 – 118 с.
4. Ramakrishnan R. Database Management Systems / R. Ramakrishnan, J. Gehrke // – McGraw-Hill, Wisconsin. –2002. – С.899
5. Beynon-Davies, P. Database Systems 3rd Edition / Beynon-Davies P. // –Palgrave, Basingstoke, UK. –2004. – С.616
6. Зафиевский, А. В. Базы данных: учебное пособие/ А. В. Зафиевский, А. А. Короткин, А. Н. Лататуев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2012. – 164 с
7. Швецов В.И., Визгунов А.Н., Мееров И.Б. Базы данных. Учебное пособие. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2004 217 с.
8. Карпова Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация /. — СПб.: Питер, 2001. —304 с.;
9. Гради Буч. Объектно - ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++, Изд-во: Бином, 1998
10. Сиха Багуи Объектно-ориентированные базы данных: достижения и проблемы//Открытые системы. СУБД, 2004 № 03 Доступ <https://www.osp.ru/os/2004/03/184042>
11. Постреляционные хранилища данных : учеб. пособие/ Ю.П. Парфенов.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016.— 120 с.
12. Микляев И.А. Универсальные объектно-ориентированные базы данных на реляционной платформе/ Архангельск: ИД САФУ, 2014, 226 с.
13. Gamma et al. Design Pattern — Elements of Reusable Object Orientated Software. — Addison-Wesley, 1995.
14. Балдин А.В., Елисеев Д.В., Агаян К.Г. Обзор способов построения темпоральных систем на базе реляционных баз данных. //Инженерный журнал: наука и инновации. Электронное научно-техническое издание, 2012, № 07. URL: <http://technomag.edu.ru/>. DOI: 10.7463/0812.0441884

15. Елисеев Д.В. Методика обработки темпоральной реляционной базы данных в миварном пространстве. Дис. канд. техн. наук. Москва, 2011, 149 с.
16. Афанасьев И. Практика реализации сложных OLTP-систем// Открытые системы. СУБД 2001, № 10 доступ <https://www.osp.ru/os/2001/10/180532>
17. Бергер, А.Б. Microsoft SQL Server 2005. Analysis Services. OLAP и многомерный анализ данных [Текст] / Бергер А.Б., Горбач И.В., Меломед Э.Л., Щербинин В.А., Степаненко В.П. // СПб.:БХВ-Петербург, 2007. – С. 928.
18. Oracle Streams URL: <https://oracle-base.com/articles/9i/streams-9i>
19. Advanced Queuing [URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Oracle\\_Advanced\\_Queueing](https://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_Advanced_Queueing)
20. Н. Игнатович, Брокер интеграции приложений // Открытые системы. СУБД, 2003, № 09 Доступ <https://www.osp.ru/os/2003/09/183373>
21. Флориан Дениэль, Мариселла Матера, Джин Ю, Булем Бенаталлах, Реджис Сен-Поль, Фабио Касати, Интеграция пользовательских интерфейсов: проблемы, технологии и возможности // Открытые системы. СУБД, 2007 № 06
22. Л. А. Калиниченко: Методы и средства интеграции неоднородных баз данных, М.: Наука, 1983, с. 424.
23. Думченков, И. А. Обзор методов интеграции информационных систем, их преимуществ и недостатков / И. А. Думченков. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 23 (209). — С. 176-177. — URL: <https://moluch.ru/archive/209/51296/> (дата обращения: 07.06.2021).
24. Enterprise application integration, Доступно на: <https://www.tadviser.ru/a/54832>
25. Словари и энциклопедии на Академике Википедия. Веб-интеграция Доступно на: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/218710>
26. Л. Черняк. Интеграция данных: Синтаксис и семантика. Открытые системы 2009 №10. 1 Доступно на: <https://www.osp.ru/os/2011/01/11170978>
27. Integrations of Data Warehousing, Data Mining and Database Technologies: Chapter 8 A survey for Extract-Transform-Load technology / David Taniar, Li Chen // University of Ioannina, Greece. –2011. –С. 172-200
28. Е.Б. Андреев, И.В. Куцевич, и Н.А. Куцевич, MES-системы. Взгляд изнутри. Москва: РТСофт - Космоскоп, 2015
29. Л. В. Анзимиров и А. Ю. Токарев, «Типовые ошибки в проектировании систем диспетчеризации и АСУ ТП», т. 4, вып. Информатизация и Системы Управления в Промышленности, 2018, [Онлайн]. Доступно на: <https://isup.ru/articles/5/13234/>
30. Компания «Аусферр», «MES сталеплавильного передела». [Онлайн]. Доступно на: <https://ausferr.ru/infosystems/mes/steel-melting/>

31. Компания «Аусферр», «MES цеха холодной прокатки». [Онлайн]. Доступно на: <https://ausferr.ru/infosystems/mes/cold-rolling/>
32. Йорг Томас Дикерсбах и Герхард Келлер, Планирование и управление производством с помощью решений SAP ERP, Эксперт РП. 2011.
33. «ERP. Комплексная автоматизация предприятий». [Онлайн]. Доступно на: <https://1c-kamin.ru/erp>
34. SAP в российской металлургии [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://it.metalinfo.ru/2003/sap.htm>
35. Проекты в металлургии компании ООО «УралСофт» [Электронный ресурс], – Режим доступа: [http://www.uralsoft.com/p\\_mt.html](http://www.uralsoft.com/p_mt.html)
36. Развитие ИТ-технологий на металлургических предприятиях России, 2017г., [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://metalexpert-group.com/ru>
37. Пятилетка Магнитки [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://it.metalinfo.ru/2003/borlas.php>
38. D. Beneventano, S. Bergamaschi, “The MOMIS methodology for integrating heterogeneous data sources,” Building the Information Society, 2004 – Springer.
39. Е. Г. Сысолетин, К. А. Аксенов, А. В. Круглов, “Интеграция гетерогенных информационных систем в современной промышленной организации”, Современные проблемы науки и образования. 2015, № 1
40. В.Е. Prasad, P.G. Reddy, and Amar Gupta, “A Methodology for Integration of Heterogeneous Databases,” TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, VOL. 6. NO. 6, DECEMBER 1994.
41. К.А. Aksyonov, A.S. Antonova, “Application of a metallurgical enterprise information system for collection and analysis of big data and optimization of multi-agent resource conversion processes,” CEUR Workshop Proceedings. 2018, 2109, pp. 1-6.
42. Справочник Карта- знаний Доступ - <https://kartaslov.ru/карта-знаний/Гетерогенность>
43. Н.Вирт. “Алгоритмы и структуры данных”, пер. с англ.: уч. пос. - М.: Издательство "Уильям", 2000. - 384 с.
44. Бергер, А.Б. Microsoft SQL Server 2005. Analysis Services. OLAP и многомерный анализ данных [Текст] / Бергер А.Б., Горбач И.В., Меломед Э.Л., Щербинин В.А., Степаненко В.П. // СПб.:БХВ-Петербург, 2007. – С. 928.
45. Pedersen, T. Multidimensional Database Technology [Текст] / Pedersen T., Jensen C. // – Distributed Systems Online (IEEE). –2001. –С.40–46.
46. Data Warehouse Testing - Authors: Matteo Golfarelli Stefano Rizzi;Published in: International Journal of Data Warehousing and Mining archive Volume 7 Issue 2, April 2011; Pages 26-43; IGI Publishing Hershey, PA, USA

47. A comprehensive approach to data warehouse testing. Proceedings of the ACM twelfth international workshop on Data warehousing and OLAP Pages 17-24 ACM New York, NY, USA ©2009 ISBN: 978-1-60558-801-8
48. В. И. Сухоруков, Научные основы овершенствования техники и технологи производства кокса, Екатеринбург, 1999 г. 384 с.
49. Техника и технология обогащения углей. Справочное руководство. Под редакцией академика В.А Чантурия, Москва, Наука, 1995, 625 с.
50. Справочник по обогащению руд черных металлов, Под общей редакцией д-ра техн.наук С.Ф. Шинкоренко, Москва, Недра, 1980, 530 с.
51. М.Г. Скляр, Физико-химические основы спекания углей, Москва, Metallurgy, 1984, 202 с.
52. В.Н.АНРОНОВ, Минимально возможны РАСХОД КОКСА И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОР ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ. Учебное пособие, Санкт-Петербург, Издательство СПбГТУ, 2001, 142 с.
53. Metallurgy чугуна: Учебник для вузов / Под редакцией Ю.С. Юсфина. М.: Издательство «Академкнига», 2004. 774 с.
54. Компьютерные методы моделирования доменного процесса Под редакцией Спирина Н.А., Издано: Екатеринбург: «УГТУ-УПИ», 2005, 301 с.
55. Информационные системы в металлургии, Спирин Я.А., Ипатов Ю.В. и др., Издано: Екатеринбург: «УГТУ-УПИ», 2001, 617 с.
56. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса, Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В., Издано: Екатеринбург: «УрО РАН», 2003, 176 с.
57. Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования»
58. Производство непрерывнолитых слябов из конвертерной стали. Технологическая инструкция ТИ 05757665-ККЦ2-01-2004. Липецк. ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат». 2004 г.
59. Обработка стали на циркуляционном вакууматоре № 2. Временная технологическая инструкция ВТИ 102 – СТ.К – 81 – 2006. Нижний Тагил. ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат». 2006 г.
60. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и расчет Буланов Л.В., Корзунин Л.Г. и др. Екатеринбург, Издательство «Уралмаш», 2004. – 349 с
61. Технологические расчеты по непрерывной разливке стали: учебное пособие / А. М. Столяров, В. Н. Селиванов; Магнитогорск. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова. -

- Магнитогорск: Издательство Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2011.  
- 67 с.
62. А.П.Груздев, Л.Ф.Машкин, М.И.Ханин. Технология прокатного производства. М.: Металлургия, 1994
  63. Технология прокатного производства. Справочник, том 2, под ред.Зюзина В.И., Третьякова А.В.М.:Металлургия, 1991, - 855с.
  64. Файнштейн В.М. Отделка металлов в листопрокатных цехах.- М.: Металлургия, 1969. - 268с.
  65. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства. Учебное пособие - 2005
  66. Комановский А.З. Листопрокатное производство: справочник. – М.: Металлургия, 1979. – 280с.
  67. Б.Б.Диомидов, Н.В. Литовченко. Технология прокатного производства, М.: Металлургия, 1979
  68. Полухин П.Н., Хензель А., Полухин В.П. Технология процессов обработки металлов давлением. М: Металлургия 1988, 408 с.
  69. Груздев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. Технология прокатного производства. М: Металлургия 1994, 651 с.
  70. Полухин П.И., Федосов Н.М., Королев А.А., Матвеев Ю.М. Прокатное производство. М: Металлургия 1982, 696 с.
  71. Шевакин Ю.Ф., Чернышев В.Н., Мочалов Н.А. Обработка металлов давлением. М: Интермет Инжиниринг 2005, 496 с.
  72. ГОСТ 9045-93. Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки
  73. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства. СПб.: Наука, 2005, 540 с.
  74. Шефтель Н.И. Холодная прокатка листовой стали. М.: Металлургия, 1966, 324 с.
  75. Шефтель Н.И. Технология производства проката. М.: Металлургия, 1976, 576 с.
  76. Панасенко Ф.Л. Холодная прокатка тонколистовой стали. М.: Металлургия, 1962, 303 с.
  77. Васильев Я.Д., Сафьян М.М. Производство полосовой и листовой стали. Киев: Высшая школа, 1976.
  78. Сафьян М.М., Мазур В.Л. Технология процессов прокатки и волочения. Киев: Высшая школа, 1988. 351 с.

79. МЕТОДОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ IDEF0. Руководящий документ. Издание официальное. ИПК Издательство стандартов, 2000
80. Горячая прокатка полос на стане 2000 горячей прокатки. Технологическая инструкция. ТИ 101-П-ГЛ10-374-90.: - Магнитогорск, 1999
81. ГОСТ Р ИСО 10 303 -11-2009 «Национального стандарта РФ. Системы автоматизации производства и их интеграции. Представление данных об этом изделии и обмен этими данными» доступ <https://docs.cntd.ru/document/1200142748>
82. Машиностроение. Толковы словарь терминов. [Онлайн]. Доступно на: <http://sl3d.ru/slovar/e/1128-edinica-produkcii.html>
83. Клещев А.С., «Математические модели онтологий предметных областей. Часть существующие подходы к определению понятия „онтология“», МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОНТОЛОГИЙ, т. 2, вып. Информационные процессы и системы", сс. 20–27, 2001.
84. Боргест Н. М., Онтология проектирования. Теоретические основы. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2010.
85. Успенский М. Б. «Разработка и исследование методов и моделей обработки диагностической информации для обнаружения и локализации неисправностей в системах хранения данных», САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, Санкт-Петербург, 2020. [Онлайн]. Доступно на: <https://www.spbstu.ru/upload/postgraduate/dsb/296581-thesis.pdf>
86. Загорулько, Ю. А, «Технология построения онтологий для порталов научных знаний», т. 6, вып. 2, 2007, Просмотрено: мар. 31, 2021. [Онлайн].
87. Staab, S.; Studer, R. Handbook on ontologies. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2003; p. 656. doi: 10.1007/978-3-540-92673-3.
88. Alexander Maedche, Boris Motik, Ljiljana Stojanovic, Rudi Studer, and Raphael Volz. 2003. Ontologies for Enterprise Knowledge Management. IEEE Intelligent Systems 18, 2 (March 2003), 26–33. doi:<https://doi.org/10.1109/MIS.2003.1193654>
89. «Системы автоматизации производства и их интеграция. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ И ОБМЕН ЭТИМИ ДАННЫМИ. Часть 11. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS Industrial automation systems and integration. Product data representation and exchange. Part 11. Description methods. The EXPRESS language reference manual». НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ., 2010. Просмотрено: дек. 20, 2020. [Онлайн]. Доступно на: [\[www.tc184-sc4.org\]](http://www.tc184-sc4.org)
90. Edraw Software. Edraw. [Онлайн]. Доступно на: [\[https://www.edrawsoft.com/\]](https://www.edrawsoft.com/),

91. Сайт компании ORACLE. [Онлайн]. Доступно на:  
[https://docs.oracle.com/cd/B19306\\_01/server.102/b14228/title.htm](https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14228/title.htm)
92. Гради Буч, Джеймс Рамбо, Ивар Якобсон. Введение в UML от создателей языка (The Unified Modeling Language User's Guide). Издательство: ДМК Пресс, 2015, с. 496
93. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Издательство: Вильямс, 2019, с. 736
94. Мартин Фаулер. UML. Основы, 3-е издание. Издатель: Символ-Плюс. 2020, с. 192
95. Механизм оптимизации запросов языка запросов SQL [Онлайн]. Доступно на:  
[https://intuit.ru/studies/professional\\_retraining/953/courses/214/lecture/5523?page=3](https://intuit.ru/studies/professional_retraining/953/courses/214/lecture/5523?page=3)
96. ORACLE PL/SQL • MYSQL • MARIADB • SQL SERVER • SQLITE [Онлайн].  
Доступно на: <https://oracleplsql.ru/indexes.html>
97. SQL для Oracle. Управление объектами схемы. [Онлайн]. Доступно на: <http://sql-oracle.ru/funkcionalnye-indeksy.html>
98. Индексы в базе данных Oracle. [Онлайн]. Доступно на: <https://oracle-dba.ru/docs/architecture/indexes/>
99. Generating a Multi-Dimensional Model. [Онлайн]. Доступно на:  
<https://www.oracle.com/webfolder/technetwork/tutorials/obe/db/sqldevdm/r30/datamodel3genmulti/datamodel3genmulti.htm>
100. Индекс ET (Equality Test) [Онлайн]. Доступно на:  
[https://www.techonthenet.com/oracle/comparison\\_operators.php](https://www.techonthenet.com/oracle/comparison_operators.php)
101. Обзор типов индексов Oracle, MySQL, PostgreSQL, MS SQL [Онлайн]. Доступно на: <https://habr.com/ru/post/102785/>..
102. РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ. ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ [Онлайн]. Доступно на:  
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=198553>

**Приложение 1. Перечень регистрируемых параметров для подсистемы доставки данных КП**

Таблица П1

Перечень регистрируемых параметров для подсистемы доставки данных КП

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
Установка десульфурации чугуна (УДЧ)	
№ ковша	Безразмерная
Масса чугуна в ковше	кг
Десульфурация чугуна (да/нет)	да/нет (0/1)
Дата/время начала обработки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания обработки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Заданное конечное содержание серы	%
Начальное содержание серы	%
Расход магния на десульфурацию	кг
Расход извести на десульфурацию	кг
Расход извести совместно с магнием	кг
Интенсивность вдувания извести	кг/мин
Интенсивность вдувания магния	кг/мин
Продолжительность подачи извести	мин
Продолжительность подачи извести совместно с магнием	мин
Продолжительность продувки	мин
Расход газов на десульфурацию	м <sup>3</sup>
Система инжектирования	Безразмерная
Соотношение CaO/Mg	Безразмерная
Соотношение Mg/CaO	Безразмерная
Температура конечная	оС
Температура начальная	оС
Уставка по извести	
Уставка по магнию	
Фурма инжектирования	Безразмерная
Персонал	Безразмерная
Смена	Безразмерная
Бригада	Безразмерная
Выплавка стали в конвертере	
Номер плавки с начала года	Безразмерная
Дата/время начала плавки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания плавки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Марка стали по выплавке	Безразмерная
Номер конвертера	Безразмерная
Номер кампании конвертера	Безразмерная
Номер плавки от начала кампании	Безразмерная
Межплавочный промежуток	мин
Персонал	
Бригада	безразмерная
Смена	безразмерная
Шихтовка	
Чугун	

Название параметра	Размерность
Номер чугуновозного ковша	безразмерная
Номер миксера	безразмерная
Температура чугуна	оС
Химический состав чугуна	
C	%
Si	%
Mn	%
P	%
S	%
Масса чугуна	кг
Дата/время начала заливки чугуна в конвертер	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания заливки чугуна в конвертер	дд/мм/гг чч:мм:сс
Металлолом	
Сорт лома	безразмерная
Масса металлолома	кг
Продолжительность прогрева	мин
Номер совка	безразмерная
Название лома в совке	безразмерная
Дата/время начала завалки лома в конвертер	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания завалки лома в конвертер	дд/мм/гг чч:мм:сс
Формирование шлака	
Расход шлакообразующих материалов по отдам и типам материала	
Дата/время отдачи материала	дд/мм/гг чч:мм:сс
Масса отданного материала	кг
Вид отданного материала	безразмерная
Химический состав шлака отдельно по пробам с указанием номера пробы:	%
CaO	
SiO <sub>2</sub>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
MgO	
MnO	
FeOобщ.	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
S	
Толщина шлака в сталеразливочном ковше (ручной ввод)	мм
Отсечка шлака отсечным устройством	да/нет (1/0)
Характеристики конвертерного дутья по продувкам	
Дата/время начала продувки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность продувки	чч:мм:сс
Вид газа (O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> )	безразмерная
Суммарный расход кислорода за всю плавку	нм <sup>3</sup>
Суммарный расход азота за всю плавку	нм <sup>3</sup>
Интенсивность подачи газа, средняя за данную плавку	нм <sup>3</sup> /мин
Положение фурмы	мм
Содержание O <sub>2</sub> в конвертерном дутье	%
Содержание N <sub>2</sub> в конвертерном дутье	%

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
Содержание Ag в конвертерном дутье	%
Активность кислорода в металле отдельно по замерам в ходе плавки	
Номер данного замера активности	безразмерная
Дата/время замера активности	дд/мм/гг чч:мм:сс
Активность кислорода в металле в данном замере	ppm
Температура стали отдельно по замерам в ходе плавки	
Дата/время замера температуры	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер данного замера температуры	безразмерная
Температура металла в данном замере	оС
Температура на повалке заданная	оС
Химический состав металла на повалке отдельно по пробам с указанием номера пробы:	%
процентное содержание С	
процентное содержание Mn	
процентное содержание P	
процентное содержание S	
процентное содержание Cr	
процентное содержание Ni	
процентное содержание Cu	
Количество продувок O <sub>2</sub> в конвертере	безразмерная
Общая продолжительность продувок O <sub>2</sub> в конвертере	чч:мм:сс
Уход за конвертером	
Раздувка шлака азотом	да/нет (1/0)
Торкретирование конвертера	да/нет (1/0)
Выпуск металла и шлака из конвертера	
Дата/время начала выпуска металла	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания выпуска металла	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность выпуска стали	мин
Слив шлака	
Дата/время начала слива шлака	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания слива шлака	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер сталеразливочного ковша	безразмерная
Стойкость сталеразливочного ковша	плавков
Дата последней модификации записи, УИТ или КП	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность плавки	чч:мм:сс
Внепечная обработка стали	
УВС	
Признак обработки на УВС	да/нет (1/0)
Дата/время начала обработки на УВС	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность обработки на УВС	чч:мм:сс
Марка стали по УВС	безразмерная
Высота свободного борта ковша	мм
Толщина шлака в сталеразливочном ковше в УВС	мм
Дата/время отбора пробы металла	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы	безразмерная
Химический состав стали отдельно по пробам:	%
процентное содержание С	
процентное содержание Mn	

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
процентное содержание Si	
процентное содержание P	
процентное содержание S	
процентное содержание Cr	
процентное содержание Ni	
процентное содержание Cu	
процентное содержание Al	
процентное содержание N	
процентное содержание V	
процентное содержание Ti	
процентное содержание Nb	
процентное содержание Mo	
процентное содержание Zr	
процентное содержание B	
процентное содержание Sn	
процентное содержание W	
процентное содержание Ca	
процентное содержание As	
Характеристики дутья по продувкам, периодам, назначению, газам	
Дата/время начала продувки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания продувки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность продувки	чч:мм:сс
Название газа	безразмерная
Вид продувки (донная, через фурму сверху)	безразмерная
Название периода (например, промывочный)	безразмерная
Назначение продувки (например, химводогрев)	безразмерная
Расход газа, средний за продувку	нм <sup>3</sup>
Интенсивность продувки газом	л/мин
Донная продувка по блокам	
Номер блока	безразмерная
Балл продувки	балл
Давление Ar	МПа
Вакуумирование	
Дата/время начала работы вакуумного насоса	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность работы вакуумного насоса	чч:мм:сс
Расход пара на вакуумирование	тн
Остаточное давление при вакуумировании	Па
Продолжительность вакуумирования при Рост. < 100 Па	чч:мм:сс
Активность кислорода в металле по замерам	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер замера	безразмерная
Вид замера (после первой усреднительной продувки, последний)	безразмерная
Активность кислорода в металле	ppm
Расход материалов (раскислителей, легирующих) по отдам и типам материала	
Дата/время отдачи материала	дд/мм/гг чч:мм:сс
Масса отданного материала	кг
Вид отданного материала	безразмерная

Название параметра	Размерность
Температуры металла по замерам	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер замера	безразмерная
Температура металла	оС
Характеристики охлаждения погружением НЛЗ	
Дата/время начала охлаждения НЛЗ (ручной ввод)	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность охлаждения погружением НЛЗ	чч:мм:сс
Дата/время отбора пробы шлака	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы шлака	безразмерная
Химический состав шлака отдельно по пробам:	%
процентное содержание CaO	
процентное содержание SiO <sub>2</sub>	
процентное содержание FeO	
процентное содержание MgO	
процентное содержание MnO	
процентное содержание S	
процентное содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Замер содержания водорода в металле	
Дата/время измерения содержания водорода	дд/мм/гг чч:мм:сс
Содержание водорода	ppm
Номер вакууматора, УИТ	безразмерная
Общий расход Ar	нм <sup>3</sup>
Общий расход O <sub>2</sub> в УВС	нм <sup>3</sup>
Остаточное давление при продувке кислородом	Па
Продолжительность продувки кислородом	чч:мм:сс
Общая продолжительность продувки Ar в УВС	чч:мм:сс
Продолжительность промывочного периода	чч:мм:сс
Перегрев металла над температурой ликвидус по последнему замеру в УВС	оС
Температура ликвидус по последним замерам в УВС	оС
Номер позиции УВС	безразмерная
Номер сталеразливочного ковша	безразмерная
Персонал	Безразмерная
Смена	Безразмерная
Бригада	Безразмерная
УКП	
Дата/время начала обработки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время конца обработки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность обработки	чч:мм:сс
Марка стали	безразмерная
Толщина шлака в сталеразливочном ковше	мм
Дата/время отбора пробы стали	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы	безразмерная
Химический состав стали отдельно по пробам:	%
процентное содержание C	
процентное содержание Mn	
процентное содержание Si	
процентное содержание P	

Название параметра	Размерность
процентное содержание S	
процентное содержание Cr	
процентное содержание Ni	
процентное содержание Cu	
процентное содержание Al	
процентное содержание V	
процентное содержание Ti	
процентное содержание Nb	
процентное содержание Mo	
процентное содержание Zr	
процентное содержание W	
процентное содержание B	
процентное содержание Ca	
процентное содержание Sn	
процентное содержание As	
процентное содержание N	
Дата/время отбора пробы шлака	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы шлака	безразмерная
Химический состав шлака отдельно по пробам:	%
процентное содержание CaO	
процентное содержание SiO <sub>2</sub>	
процентное содержание FeO	
процентное содержание MgO	
процентное содержание MnO	
процентное содержание S	
процентное содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Характеристики охлаждения металла погружением НЛЗ	
Дата/время начала погружения НЛЗ (ручной ввод)	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время подъёма НЛЗ	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность охлаждения НЛЗ	чч:мм:сс
Расход материалов (шлакообразующих, раскислителей и легирующих) по отдам и типам материала	
Дата/время отдачи материала	дд/мм/гг чч:мм:сс
Вид отданного материала	безразмерная
Масса отданного материала	кг
Фирма-поставщик данного вида материала	безразмерная
Характеристики дутья по продувкам и периодам	
Дата/время начала продувки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность продувки	чч:мм:сс
Интенсивность продувки Ar в данной продувке (средний за продувку)	л/мин
Название периода (например, промывочный)	безразмерная
Тип продувки (донная, через фурму)	безразмерная
Давление Ar через донный блок	МПа
Балл донной продувки	балл
Температуры металла по замерам	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер замера	безразмерная
Температура металла	оС

Название параметра	Размерность
Замер содержания водорода	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Содержание водорода [H]	ppm
Активности кислорода в металле по замерам	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер замера	безразмерная
Вид замера (после первой усреднительной продувки, последний)	безразмерная
Активность кислорода в металле	ppm
Характеристики подогревов	
Дата/время начала подогрева	дд/мм/гг чч:мм:сс
Длительность подогрева	чч:мм:сс
Номер подогрева	безразмерная
Расход электроэнергии на подогрев средний за данный подогрев	кВт*час
Номер сталеразливочного ковша	безразмерная
Высота свободного борта сталеразливочного ковша	мм
Признак обработки на УПК	да/нет (1/0)
Номер позиции УПК	безразмерная
Персонал	безразмерная
Бригада	безразмерная
Смена	безразмерная
УДМ	
Номер УДМ	безразмерная
Дата/время начала обработки на УДМ	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания обработки на УДМ	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность обработки на УДМ	чч:мм:сс
Марка стали по УДМ	безразмерная
Характеристики дутья по продувкам, периодам, назначению, газам	
Дата/время начала продувки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность продувки	чч:мм:сс
Название газа	безразмерная
Назначение продувки (например, химподогрев)	безразмерная
Название периода (например, промывочный)	безразмерная
Вид продувки (донная, через фурму)	безразмерная
Интенсивность продувки газом, средний за продувку	мЗ/час
Расход газа	мЗ
Донные продувки по блокам	
Балл продувки	балл
Давление Ar	МПа
Номер блока	безразмерная
Толщина шлака в ковше (после усреднительной продувки)	мм
Дата/время отбора пробы стали	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы	безразмерная
Химический состав стали отдельно по пробам:	%
процентное содержание С	
процентное содержание Mn	

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
процентное содержание Si	
процентное содержание P	
процентное содержание S	
процентное содержание Cr	
процентное содержание Ni	
процентное содержание Cu	
процентное содержание Al	
процентное содержание V	
процентное содержание Ti	
процентное содержание Nb	
процентное содержание Mo	
процентное содержание Zr	
процентное содержание W	
процентное содержание B	
процентное содержание Ca	
процентное содержание Sn	
процентное содержание As	
процентное содержание N	
Дата/время отбора пробы шлака	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы шлака	безразмерная
Химический состав шлака отдельно по пробам:	%
процентное содержание CaO	
процентное содержание SiO <sub>2</sub>	
процентное содержание FeO	
процентное содержание MgO	
процентное содержание MnO	
процентное содержание S	
процентное содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Расход теплоизоляционной смеси в УДМ	кг
Активности кислорода в металле по замерам	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер замера	безразмерная
Вид замера (после первой усреднительной продувки, последний)	безразмерная
Активность кислорода в металле	ppm
Температуры металла по замерам	
Дата/время замера	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер замера	безразмерная
Температура металла	оС
Расход материалов (шлакообразующих, раскислителей, легирующих) по отдам и типам материала	
Дата/время отдачи материала	дд/мм/гг чч:мм:сс
Вид отданного материала	безразмерная
Масса отданного материала	кг
Характеристики охлаждения металла погружением НЛЗ	
Дата/время начала погружения НЛЗ (ручной ввод)	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время подъёма НЛЗ	дд/мм/гг чч:мм:сс
Продолжительность охлаждения НЛЗ	чч:мм:сс

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
Расход кислорода на химический подогрев металла по каждой УДМ	нм3
Минимальная температура ликвидус по результатам анализа последней пробы металла в УДМ	оС
Максимальная температура ликвидус по результатам анализа последней пробы металла в УДМ	оС
Высота свободного борта ковша	мм
Толщина шлака в сталеразливочном ковше	мм
Номер сталеразливочного ковша	безразмерная
Персонал	безразмерная
Бригада	безразмерная
Смена	безразмерная
Разливка стали на МНЛЗ	
Время от отдачи с ВОС до начала разливки данной плавки	мин
Наименование последнего агрегата ВОС перед разливкой	безразмерная
Дата/время начала разливки плавки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Дата/время окончания разливки плавки	дд/мм/гг чч:мм:сс
Время от начала разливки данной плавки до начала разливки данной НЛЗ	мин
Продолжительность разливки плавки	чч:мм:сс
Номер МНЛЗ	безразмерная
Номер промковша	безразмерная
Тип промковша	безразмерная
Стойкость МНЛЗ	плавков
Тип футеровки промковша	безразмерная
Наличие перегородки в промковше	да/нет (1/0)
Тип перегородки	безразмерная
Производитель перегородки	безразмерная
Замена промежуточного ковша	да/нет (1/0)
Тип футеровки сталеразливочного ковша	безразмерная
Номер сталеразливочного ковша	безразмерная
Номер ручья	безразмерная
Номер плавки в серии	безразмерная
Размер НЛЗ	мм
Номер НЛЗ в ручье	безразмерная
Марка стали по последнему агрегату ВОС	безразмерная
Мерная длина НЛЗ	м
Масса НЛЗ	кг
Режим разливки	0-автомат./1-ручн.
Режим охлаждения НЛЗ (легирующая, углеродистая, трубная и т.д.)	безразмерная
Дата/время замера температуры стали в промковше	дд/мм/гг чч:мм:сс
Температура стали	оС
Характеристика защитной смеси	
Дата изготовления	дд/мм/гг
Номер партии	безразмерная
Номер коробки	безразмерная
Химический состав защитной смеси	%
процентное содержание С	

Название параметра	Размерность
процентное содержание CaO	
процентное содержание SiO <sub>2</sub>	
процентное содержание FeO	
MgO	
процентное содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
процентное содержание H <sub>2</sub> O	
процентное содержание CaO/SiO <sub>2</sub>	безразмерная
Номер кристаллизатора	безразмерная
Стойкость кристаллизатора	плавков
Размер кристаллизатора номинальный	мм
Частота качания кристаллизатора	Гц
Уровень металла в кристаллизаторе	мм
Перепад температур воды в кристаллизаторе	оС
Расход воды на охлаждение кристаллизатора	т
Расход воды по зоне вторичного охлаждения (ЗВО) на 1 площади НЛЗ	м <sup>3</sup> /час
Температура ликвидус	оС
Изменение температуры при разливке (max - min)	оС
Приrost содержания азота за время разливки	ppm
Разнотолщинность НЛЗ по кромкам	мм
Количество металла в проковше в привязке к НЛЗ (расчетное значение)	т
Назначение НЛЗ	безразмерная
Расход Ar на вторичную защиту по зонам:	
в трубу	нм <sup>3</sup>
в погружной стакан	нм <sup>3</sup>
Давление Ar в стопор моноблок	МПа
Интенсивность вдувания Ar в стопор моноблок	нм <sup>3</sup> /мин
Давление Ar на защитную трубу	МПа
Интенсивность вдувания Ar в защитную трубу	нм <sup>3</sup> /мин
Дата/время отбора пробы стали	дд/мм/гг чч:мм:сс
Номер пробы	безразмерная
Химический состав стали отдельно по пробам:	%
процентное содержание C	
процентное содержание Mn	
процентное содержание Si	
процентное содержание P	
процентное содержание S	
процентное содержание Cr	
процентное содержание Ni	
процентное содержание Cu	
процентное содержание Al	
процентное содержание V	
процентное содержание Ti	
процентное содержание Nb	
процентное содержание Mo	
процентное содержание Zr	
процентное содержание W	
процентное содержание B	

Название параметра	Размерность
процентное содержание Ca	
процентное содержание Sn	
процентное содержание As	
процентное содержание N	
Стойкость промковша	плавков
Положение стопора/ход	мм
Температура стали в промковше с привязкой к слябу	оС
Интервал кристаллизации (не контролируется) - разница Sol - Liquid	оС
Защитные трубы и стаканы	
Стойкость труб	плавков
Стойкость стаканов	плавков
Производитель стаканов	безразмерная
Производитель труб	безразмерная
Замена стакана/трубы	да/нет (0/1)
Тип	безразмерная
Расход защитных труб	кг/т стали
Расход стаканов	кг/т стали
Шлакообразующая смесь (ШОС)	
Тип ШОС	безразмерная
Количество ШОС на НЛЗ	кг
Химический состав ШОС	%
процентное содержание С	
процентное содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
процентное содержание SiO <sub>2</sub>	
процентное содержание F	
процентное содержание H <sub>2</sub> O	
основность CaO/SiO <sub>2</sub>	безразмерная
Качество работы ШОС (уд/неуд)	да/нет (0/1)
Стойкость промковша после перековшовки	Плавков
Стойкость промковша до перековшовки	Плавков
Средняя скорость разливки	м/мин
Первичный номер НЛЗ	Безразмерная
Сквозной номер ручья (номер машины)	Безразмерная
Количество разлитых НЛЗ, суммарное по МНЛЗ	шт
Длина разлитых НЛЗ, суммарная по МНЛЗ	м
Масса разлитой стали, суммарная по МНЛЗ	т
Максимальная по МНЛЗ разница температур металла в начале и конце разливки	оС
Номер крышки на сталеразливочном ковше	безразмерная
Масса скрапа в промежуточном ковше	т
Масса аварийного скрапа	т
Масса скрапа в сталеразливочном ковше	т
Персонал	безразмерная
Бригада	безразмерная
Смена	безразмерная
Готовая продукция	
Номер плавки	безразмерная
Тип НЛЗ	безразмерная

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
Масса НЛЗ	кг
Номер НЛЗ	безразмерная
Номер ручья	безразмерная
Номер НЛЗ в ручье	безразмерная
Серийная длина НЛЗ	м
Отгрузка по переделу	т
Вид заказа, номер заказа, номер позиции	безразмерная
Марка стали	безразмерная
Номер маршрутной карты	безразмерная
Цех заказчик	безразмерная
Цех приемки	безразмерная
Назначение	безразмерная
Зачистка на машине огневой зачистки (МОЗ)	да/нет (0/1)
Вид дефекта	безразмерная
Ссылка на технологию	безразмерная
Отгрузка на зачистку с возвратом	т
Агрегат-виновник	безразмерная
Бригада	безразмерная
Приемка возвратов	т
Брак	т
Агрегат-виновник	безразмерная
Вид дефекта	безразмерная
Бригада	безразмерная
Технологические отходы	т
Агрегат-виновник	безразмерная
Бригада	безразмерная
Вид дефекта	безразмерная
Причина изменения технологии КП	
Изменение скорости разливки на расстоянии 1-го метра НЛЗ более, чем на 0,1 м/мин	м/мин
Колебания уровня металла в кристаллизаторе	мм
Низкий уровень металла в промежуточном ковше	мм
Определение переходных НЛЗ с плавки на плавку (до перехода)	безразмерная
Определение переходных НЛЗ с плавки на плавку (после перехода)	безразмерная
Последняя НЛЗ при уходе на "концы"	безразмерная
НЛЗ в зоне разгиба при скорости разливки < 0,6 м/мин	безразмерная
НЛЗ до обычной перековшовки	безразмерная
НЛЗ до скачивания шлака	безразмерная
НЛЗ до сухой перековшовки	безразмерная
НЛЗ на запуске МНЛЗ	безразмерная
Признак головной НЛЗ	безразмерная
Качество	
Качество проката в прокатных цехах	безразмерная
Дата/время создания записи в журнале ОТК	безразмерная
Аттестация проката по ГОСТам	безразмерная
Паспорт приёмки, аттестация	безразмерная
Дефект	безразмерная
Виновник	безразмерная

<b>Название параметра</b>	<b>Размерность</b>
Группа марок стали	безразмерная
Группа отсортировки проката	безразмерная
Акт	безразмерная
Бригада	безразмерная
Статус проката	безразмерная
Обнаружение брака КП при осмотре на складе НЛЗ	безразмерная
Балл	безразмерная
Вид дефекта	безразмерная
Радиус зачистки	мм
Распределение дефекта	безразмерная
Степень приемки	безразмерная
Признак устранения дефекта	устранён -1/ нет - 0

**Приложение 2. Перечень регистрируемых параметров прокатки и слежения за металлом на линии стана 2000**

Таблица П2.1

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
<i>Печи</i>		
Дата/время выдачи	чч.мм.гг чч.мм.сс	2
Температура по зонам снизу и сверху (45 точек по 15 на печь)	°С	3
Температура сляба на выходе (расчет)	°С	3
Температура дымовых газов (4 точки на печь)	°С	3
Давление дымовых газов в печи (зона 5 давления в очаге печи) 1 точка на печь	Атмосфера МПа	3
Давление газа для горения (печь, основной газопровод) 1 точка на печь	Атмосфера МПа	3
Дата/время посадка в печи	чч.мм.гг чч.мм.сс	2
Концентрация кислорода в рабочем пространстве (12 точек по 4 на печь)	%	3
Расход воздуха для горения по зонам 10 точек на печь	м3/ч	3
Продолжительность нагрева по зонам	чч.мм	3
Температура сляба на входе в печь 2 точки на печь	°С	3
Расход газа по зонам 10 точек на печь	м3/ч	3
Давление воздуха для горения (печь, основной воздухопровод) 1 точка на печь	Атмосфера МПа	3
<i>Линия стана 2000</i>		
Гидросбивы черновые и чистовой		
Давление воды на каждом коллекторе 7 точек	Атмосфера МПа	3
Режим управления работой гидросбива (авто/ручной)	авто/ручной	2
Температура воды, используемой для гидросбивов 1 точка	°С	3
Дата последней чистки/замены сопел	чч.мм.гг	2
Расход воды на каждом коллекторе - расчетное значение	л/час м <sup>3</sup> /ч	3
Момент выключения по отношению к хвосту полосы ( в м)	м	2
Момент включения по отношению к голове полосы (в м)	м	2
Черновая группа клетей		
Дата/время захвата полосы в данной клетей	чч.мм.гг чч.мм.сс	3

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Дата/время окончания прокатки в данной клетки	чч.мм.гг чч.мм.сс	3
Температура подката перед 1-ой клетью по длине через 0,25 м	°С	3
Температура подката за 2-ой клетью по длине через 0,25 м	°С	3
Температура подката за 5-ой клетью по длине через 0,5 м	°С	3
Температура подката за 5-ой клетью по ширине через 0,5 м (min, max, avg, std)	°С	3
Усилия прокатки при вертикальных и горизонтальных обжатиях (min, max, avg, std) фактические	т	3
Горизонтальные обжатия в клетях № 1 - 5, фактические (min, max, avg, std) и заданные	%	3
Вертикальные обжатия в ЧернОЛ и клетях № 2 - 5, фактические (min, max, avg, std) и заданные	мм	3
Средняя скорость прокатки в черновом окалиноломателе	м/с	3
Средняя скорость прокатки в 1-ой клетки	м/с	3
Средняя скорость прокатки в 2-ой клетки	м/с	3
Ускорение черновой подгруппы	м/с <sup>2</sup>	3
Заправочная скорость в черновую подгруппу по 5-ой клетки	м/с	3
Скорость прокатки хвоста полосы в черновой подгруппе	м/с	3
Максимальная скорость прокатки в черновой подгруппе	м/с	3
Моменты прокатки при вертикальных и горизонтальных обжатиях (min, max, avg, std) фактические	Н·м	3
Размеры подката для чистовой группы	мм	2
Толщина через 0,5 м	мм	2
Ширина через 0,5 м	мм	2
Длина	м	2
Охлаждение валков черновой группы		
Дата последней чистки коллекторов охлаждения валков черновой группы	чч.мм.гг	2
Расход воды на охлаждение рабочих валков отдельно по клетям 6 точек	л/час м <sup>3</sup> /ч	3
Результаты последнего химанализа воды на охл. валков черн. группы	%	3

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Давление воды на охлаждение рабочих валков отдельно по клетям 6 точек	Атмосфера МПа	3
Чистовая группа клетей		
Температура входа в чистовую группу клетей, фактическая		3
Температура входа в чистовую группу клетей, по модели		3
Ткп по длине полосы с шагом 3 м	°С	3
Расчетные температуры полосы по клетям	°С	3
Индикатор Т- режима чистовой группы	Да/нет	1
Величина торможения	м/с <sup>2</sup>	2
Расчетные моменты прокатки по клетям	Н·м	3
Расчетные усилия прокатки по клетям	т	3
Положение хвоста полосы относительно 12-ой клетки на момент начала торможения	м	3
Положение головы полосы относительно 12-ой клетки на момент начала ускорения	м	3
Моменты прокатки по клетям (max, min, avg, std) фактические	Н·м	3
Величина ускорения	м/с <sup>2</sup>	3
Неравномерность Ткп по ширине	°С	3
Скорость полосы на момент прохождения хвоста по клетям - расчетная	м/с	3
Скорость движения полосы с шагом 10 м вплоть до окончания смотки	м/с	3
Усилия противоизгиба по клетям	т	
Положение оси полосы относительно оси рольганга на выходе из 12-ой клетки с шагом 1 м	мм	3
Положение оси полосы относительно оси рольганга перед входом в 6-ую клетку с шагом 0,5 м	мм	3
ДатаВремя выхода головы полосы из чистовой группы	дд.мм.гг чч.мм.сс	2
Машинное время чистовой прокатки	с	2
Заданное обжатие в 12-ой клетки	%	3
Номер рулона по прокатке	Число	2
Номер партии по SIEMENS	Число	2
Номер рулона по SIEMENS	Число	2

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Скорость задачи полосы в чистовую группу	м/с	3
Скорость заправочная по 12-й клети	м/с	3
Скорость максимальная по 12-й клети	м/с	3
Скорость хвоста по 12-й клети	м/с	3
Работа МКО	код	
Темп прокатки по клети 6 - пауза между шт	с	3
Давление металла на валки в клети 6 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 7 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 8 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 9 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 10 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 11 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 12 максимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 6 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 7 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 8 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 6 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 10 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 11 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 12 среднее	т	3
Давление металла на валки в клети 6 минимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 7 минимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 8 минимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 9 минимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 10 минимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 11 минимальное	т	3
Давление металла на валки в клети 12 минимальное	т	3

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Величина обжатия в клети 6 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 7 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 8 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 9 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 10 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 11 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 12 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 6 максимальная	%	3
Величина обжатия в клети 7 средняя	%	3
Величина обжатия в клети 8 средняя	%	3
Величина обжатия в клети 9 средняя	%	3
Величина обжатия в клети 10 средняя	%	3
Величина обжатия в клети 11 средняя	%	3
Величина обжатия в клети 12 средняя	%	3
Величина обжатия в клети 6 минимальная	%	3
Величина обжатия в клети 7 минимальная	%	3
Величина обжатия в клети 8 минимальная	%	3
Величина обжатия в клети 9 минимальная	%	3
Величина обжатия в клети 10 минимальная	%	3
Величина обжатия в клети 11 минимальная	%	3
Величина обжатия в клети 12 минимальная	%	3
Температура полосы за клетью 12 максимальная	°C	3
Температура полосы за клетью 12 средняя	°C	3
Температура полосы за клетью 12 минимальная	°C	3
Температура полосы за клетью 12 заданная	°C	3
Ширина полосы за клетью 12 максимальная	мм	3
Ширина полосы за клетью 12 средняя	мм	3
Ширина полосы за клетью 12 минимальная	мм	3
Ширина полосы за клетью 12 заданная	мм	3

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Толщина полосы за клетью 12 максимальная	мм	3
Толщина полосы за клетью 12 средняя	мм	3
Толщина полосы за клетью 12 минимальная	мм	3
Толщина полосы за клетью 12 заданная	мм	3
Чистовой окалиноломатель		
Величина обжатия фактическая	мм	2
Режим МКО		
Давление воды в системе МКО	Атмосфера МПа	3
Расход воды в секции МКО на 1 кв. м полосы	л/час м <sup>3</sup> /ч	3
Режим работы МКО (авто/ручной)	авто/ручной	3
Момент выключения данной секции МКО относительно головы полосы	м	2
Момент включения данной секции МКО относительно головы полосы	м	2
Результаты последнего химанализа воды на МКО	%	2
Число насосов, обслуживающих МКО	Число	1
Дата последней чистки коллекторов МКО	чч.мм.гг	1
Температура воды в МКО 1 точка	°С	3
Режим технологической смазки		
Момент выключения данной секции технологической смазки относительно головы полосы	м	3
Расход технологической смазки в данном коллекторе на 1 кв. м полосы	л/час	2
Момент включения данной секции технологической смазки относительно головы полосы	м	2
Концентрация масла в технологической смазке	%	3
Охлаждение валков чистовой группы		3
Дата последней чистки коллекторов охлаждения валков	чч.мм.гг	2
Результаты последнего химанализа воды на охлаждение валков чистовой группы	%	2
Расход воды на охлаждение рабочих валков отдельно по клетям 7 точек	л/час м <sup>3</sup> /ч	2
Давление воды на охлаждение рабочих валков отдельно по клетям 7 точек	Атмосфера МПа	3

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Промежуточный рольганг		
Время пребывания хвоста полосы	с	3
Время нахождения на пром рольганге	с	3
Ширина подката за клетью 5 максимальная	мм	3
Ширина подката за клетью 5 средняя	мм	3
Ширина подката за клетью 5 минимальная	мм	3
Толщина подката за клетью 5 максимальная	мм	3
Толщина подката за клетью 5 средняя	мм	3
Толщина подката за клетью 5 минимальная	мм	3
Режим работы тепловых экранов	Число	3
Моталки		
Обвязка рулонов (да/нет)	Да/нет	1
Диаметр г/к рулона (расчет)	м	2
Расход воды коллекторов охлаждения полосы у моталок (расход воды 1,2 участок 3 точки?)	л/час м <sup>3</sup> /ч	2
Наработка формирующих роликов	Тонн	2
Наработка тянущих роликов	Тонн	2
Номер моталки	Число	
Отводящий рольганг		
Неравномерность Тсм по ширине	°С	3
Температура смотки с шагом 6 м	°С	3
Температура воды в системе ламинарного охлаждения 4 точки	°С	3
Температура смотки полосы максимальная 1,2 группа моталок	°С	3
Температура смотки полосы средняя 1,2 группа моталок	°С	3
Температура смотки полосы минимальная 1,2 группа моталок	°С	3
Температура смотки полосы заданная 1,2 группа моталок	°С	3
Режимы душирования сегментов полосы		
План охлаждения задание	код	2
План охлаждения факт	код	2

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Первый включаемый вентиль Верх	№	1
Первый включаемый вентиль Низ	№	1
Последовательность включения Верх	код	1
Последовательность включения Низ	код	1
Неохлаждаемый участок - голова полосы	м	2
Неохлаждаемый участок - хвост полосы	м	2
Температура воды на охлаждение валков черновой и чистовой группы 2 точки	°С	3
Режим управления душированием полосы: 1- «С», 0 - «В»	1/0	3
Направление охлаждения	1/0	1
Координата на отв. рольганге начала душирования снизу и сверху	м	2
Среднее, мин, макс. число использованных труб снизу и сверху за время охлаждения	Число	2
Координата на отв. рольганге конца душирования снизу и сверху	м	2
Рабочие и опорные валки клетей и окалиноломателей		2
Исходная профилировка рабочего и опорного валков	мм	
Дата/время завалки	чч.мм.сс чч.мм.гг	3
Диаметр рабочего валка	мм	1
Неравномерность твердости по длине бочки	НВ, HRC	2
Наработка (км) рабочего валка с последней первалки к моменту прокатки данной полосы	Тонн	2
Диаметр рабочего и опорного валка	мм	2
Дата/время вывалки	чч.мм.сс чч.мм.гг	3
Дата время шлифовки	чч.мм.сс чч.мм.гг	3
Номер валка, производитель валков и др. необходимые реквизиты	Реквизиты	3

**Приложение 3. Перечень параметров сляба**

Таблица ПЗ.1

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Показатели качества проката		
Состояние поставки листа (г/к, нормализованный, закалка + отпуск, др.)	Обозначение	1
Данные по отсортировке металла по всем причинам	вид дефекта-кол-во отсортированного металла, т	2
Механические свойства прокатанного листа	МПа, %, КСU, КСV	1
Микроструктура прокатанного листа	мкм	2
Результаты контроля АУУЗК Север 6 и Север 10		
Смена контроля	Число	1
Бригада контроля	Число	1
Длина листа, номинальная	м	1
Ширина листа, номинальная	мм	1
Толщина листа, номинальная	мм	1
Партия	Число	1
Плавка	Число	1
Марка стали	Обозначение	1
Номер проката (по ССМ)	№	1
Распределение дефектов по площади листа с привязкой к координатам	вид-координаты	1
Критерии и результаты контроля по основному металлу и кромкам		
Серповидность г/к листа	мм/м	2
Длина максимального прямоугольника	мм	2
Ширина на середине листа	мм	2
Ширина на 200 мм до хвоста полосы без длины обреза	мм	2
Ширина на 200 мм на голове листа без длины обреза	мм	2
Длина листа по середине листа	м	2
Длина листа по стороне обслуживания	м	2
Длина листа по стороне привода	м	2

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Полная площадь листа	м <sup>2</sup>	2
Ширина максимального прямоугольника	мм	2
Заданный режим прокатки		
Конечная температура охлаждения после прокатки	°С	2
Время охлаждения после прокатки		2
Допуск плюсовой к конечной температуре охлаждения после прокатки	°С	2
Допуск минусовой к конечной температуре охлаждения после прокатки	°С	2
Наработка (км) рабочих и опорных валков к моменту прокатки данного листа	км	2
Скорость охлаждения в УКО после прокатки (задание)		
Номера рабочих и опорных валков при прокатке данного листа	№	2
Номер маршрутной карты	№	2
Использовался ли фиксированный план прокатки (№ 0=рассчитывать)	0/1	2
Номер программы (внешний ключ PROGNO в PDI Programs)	№	2
Назначение после прокатки: 1..ЛПМ, 2..холодильник	1/2	2
Толщина листа (хол) номинальная	мм	2
Температура конца прокатки	°С	2
Допуски по Ткп	°С	1
Промежуточная температура 1	°С	2
Промежуточная температура 2	°С	2
Промежуточная толщина 1	мм	2
Промежуточная толщина 2	мм	2
Наименование НТД	Наименование	2
Стратегия прокатки		
Схема прокатки		
Номер плана прокатки на L1 ( 0=L1-режим, >0 L2 режим)	Число	1
Допуск по толщине плюсовой	мм	2
Допуск по толщине минусовой	мм	2
Ширина н/о листа (хол) номинальная	мм	2

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Длина н/о листа (хол) номинальная	м	2
Стратегия охлаждения после прокатки (без охлаждения, УКО, зак. бак)	0/1/2	2
Химический состав стали		
[%]Ванадий;	%	2
[%]Алюминий	%	2
[%]Никель;	%	2
[%]Фосфор;	%	2
Тип химанализа		
[%]Углерод	%	2
[%]Кремний;	%	2
[%]Марганец;	%	2
[%]Титан;	%	2
[%]Молибден;	%	2
[%]Бор;	%	2
[%]Сера;	%	2
[%] Хром;	%	2
[%]Медь;	%	2
[%]Азот	%	2
[%]Ниобий;	%	2
Параметры заготовки		
Длина заготовки	м	2
Масса заготовки	Тонна	2
Номер печи	№	2
Номер садки	№	2
Заданная температура нагрева сляба	°C	2
Номер смены прокатки	№	1
Номер бригады прокатки	№	1
Внутренний номер материала (создаётся в SSM из ORACLE sequence)	№	2
Цех выплавки	Название	1

Параметр	Ед. изм.	Тип данных
Тип заготовки: 1 - из непрерывно-литого сляба, 2 - другой	1/2	
Номер сляба в плавке	№	2
Номер куска внутри литого сляба	№	2
Номер ручья сляба при разливке	№	2
Толщина заготовки	мм	2
Номер проката	№	2
Заказчик	Наименование	1
Номер заказа	№	1
Позиция в заказе		
Марка стали	Обозначение	1
Код марки стали	Код	1
Номер плавки	№	1
Ширина заготовки	мм	1

## Приложение 4. Технические требования к результатам выполнения комплексного проекта

СОГЛАСОВАНО  
Ректор УрФУ

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ЗАО «Ай-Текс»

В.А.Кокшаров/  
2013г.

/В.В.Подшивалов/  
2013г.

М.П.

«Ай-Текс»  
И.М.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

(редакция 3 от 21.04.2015)  
к результатам выполнения комплексного проекта  
по созданию высокотехнологичного производства  
с участием российского высшего учебного заведения по теме:

«Разработка автоматизированной системы слежения, контроля, моделирования, анализа и оптимизации полного цикла выпуска металлургической продукции на основе создания и интеграции математических моделей технологических, логистических и бизнес-процессов предприятия»

Шифр 2012-218-03-167

по Договору от «12» февраля 2013 г. №02.G25.31.0055

### 1 Результаты выполнения комплексного проекта

- 1.1 В результате выполнения комплексного проекта должна быть создана «Автоматизированная система слежения, контроля, моделирования, анализа и выдачи рекомендаций по оптимизации полного цикла выпуска металлургической продукции на основе создания и интеграции математических моделей технологических, логистических и бизнес-процессов предприятия» (АС ВМП).
- 1.2 Должен быть организован процесс внедрения программного комплекса на предприятии металлургического производства.
- 1.3 На основе разрабатываемой АС ВМП должно быть организовано оказание услуг:
  - 1.3.1 по обследованию предприятия и разработке постоянно действующего на предприятии бизнес-процесса по изменению производственных процессов на основе АС ВМП;

1.3.2 по внедрению АС ВМП на металлургических предприятиях.

## **2 Назначение продукции**

АС ВМП должна быть предназначена для слежения, контроля, моделирования, анализа и выдачи рекомендаций по оптимизации полного цикла выпуска металлургической продукции на основе создания и интеграции математических моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия.

## **3 Технические требования**

### **3.1 Состав продукции**

3.1.1 АС ВМП должна состоять из:

- 3.1.1.1 Автоматизированной информационной системы сбора и анализа данных производства (АИС САД), *разрабатываемой вновь*;
- 3.1.1.2 Автоматизированной информационной системы моделирования технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия (АИС МОД), *разрабатываемой вновь*.
- 3.1.1.3 АРМ персонала, предназначенного для обеспечения взаимодействия человека-оператора с АС ВМП в интерактивном режиме, *разрабатываемого вновь*.

3.1.2 Установочный DVD, содержащий дистрибутив АС ВМП.

3.1.3 Комплект документации на типовой постоянно действующий бизнес-процесс предприятия по изменению производственных процессов на основе АС ВМП, *разрабатываемый вновь*.

3.1.4 Комплект эксплуатационной документации на АС ВМП, *разрабатываемый вновь*.

### **3.2 Состав АИС САД**

АИС САД должна состоять из:

- программного модуля обмена данными с автоматизированными системами предприятия (ОДАСП);
- программного модуля «Хранилище данных» (ХД);
- программного модуля «Конструктор запросов» (КЗ).

### **3.3 Состав АИС МОД**

АИС МОД должна состоять из:

- программного модуля подготовки данных (ПД);

- программного модуля создания моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов (СМП);
- программного модуля интеграции моделей (ИМ) с корпоративными информационными системами (КИС), MES и ERP-системами;
- программного модуля оптимизации технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия (ОПП).

### 3.4 Состав АРМ персонала

АРМ персонала должно представлять собой веб-приложение, функционирующее на средствах, заданных в п.п. 3.21.1.3 ТТ.

### 3.5 Функциональные требования к АРМ персонала

#### 3.5.1 АРМ персонала должно обеспечивать:

- а) формирование запросов, выполняемых модулем КЗ в интерактивном режиме;
- б) запуск запроса на выполнение модулем КЗ в интерактивном режиме на стороне веб-сервера;
- в) визуализацию данных по запросу, выполненному модулем КЗ;
- г) запуск модуля СМП на стороне веб-сервера для формирования моделей;
- д) визуализацию результатов функционирования модуля СМП;
- е) запуск модуля ОПП на стороне веб-сервера для формирования отчетов по п.п. 3.8.4 ТТ;
- ж) визуализацию и печать отчетов, сформированных модулем ОПП;
- и) визуализацию выполнения технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов (ТЛОБП) в формате 3D-анимации.
- к) прием и обработку запросов пользователя, формирование соответствующих вызываемой функции ответов и передачу их для визуализации браузеру;
- л) синхронизацию взаимодействия модулей ХД, ИМ, СМП, ОПП для обеспечения функционирования модуля ИМ средствами Java;
- м) оценку работоспособности модулей СМП, ОПП, ИМ, ПД с помощью индикаторов состояния;
- н) отображение происходящих в системе событий в виде страницы журнала событий с возможностью фильтрации событий по датам, по модулям, по группам событий, по инициатору (автору возникновения) события.

#### 3.6 Требования к техническим характеристикам АРМ персонала:

- количество одновременно работающих пользователей не более 120;
- область использования – intranet (локальная вычислительная сеть предприятия – ЛВС);
- требования к временным характеристикам приведены в п.п.3.8.3, 3.9.4, 3.10.7, 3.10.7ТТ.

### 3.7 Функциональные требования к АИС САД

#### 3.7.1 Модуль ОДАСП должен обеспечивать:

- а) получение данных от АС ТП с помощью вновь разработанного адаптера для MS SQL для взаимодействия с внешними системами;
- б) получение данных от КИС, MES, ERP-систем посредством вызова API-функций с помощью асинхронного, неблокирующего, двунаправленного, событийно-ориентированного механизма обмена с внешними системами и WEB-клиентами;
- в) получение данных от КИС, MES, ERP-систем с помощью вновь разработанного адаптера для Oracle;
- г) выдачу данных в КИС, MES, ERP-системы с помощью вновь разработанного адаптера для Oracle;
- д) запись данных в ХД с использованием технологии ORM Hibernate;
- е) информационную безопасность на основе механизма проверки прав на инициирование любого и каждого происходящего события;
- ж) семантическую проверку передаваемых данных на основе концептуальной модели предметной области;
- и) механизм синхронизации связанных данных за счет добавления произвольных процедур пост-обработки события.

#### 3.7.2 Модуль ХД должен обеспечивать:

- а) хранение в объеме не менее 7 ТБ и выдачу по запросам данных и моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов.
- б) кэширование данных ХД в основной памяти (In-memory database) для оптимизации доступа к данным при выполнении запроса;
- в) синхронизацию кэша данных с хранилищем данных;
- г) индексирование кэшированных данных с возможностью одновременного применения множества индексов.

#### 3.7.3 Модуль КЗ должен обеспечивать:

- а) конструирование запросов на выдачу данных о продукции, о ГЛОБП без привлечения ИТ-специалистов;
- б) создание и запись шаблонов построенных запросов в ХД;
- в) выполнение запросов на выдачу данных:
  - 1) о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции;
  - 2) о параметрах выпущенной продукции;
  - 3) о функционировании и простоях оборудования;
  - 4) о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса.
- г) полнотекстовый поиск по данным ХД с возможностью ранжирования результатов по релевантности;
- д) интерактивный ввод запроса на языке КЗ с возможностью обращения к взаимосвязям объектов (в т.ч. генеалогическим), параметрам объектов и

- библиотеке функций КЗ;
- е) выполнение запросов с применением индексирующих структур кэша ХД.

### 3.8 Функциональные требования к АИС МОД

#### 3.8.1 Модуль ПД должен обеспечивать:

- а) получение выборки данных, сформированной по запросу из модуля КЗ:
  - 1) на прикладном уровне путем обращения к объекту «запрос» в ХД по его наименованию (выбор, загрузка и выполнение запроса в соответствии с его параметрами, записанными в ХД);
  - 2) в стандартном режиме путем загрузки текста запроса из ХД для редактирования, выполнения, сохранения в ХД.
- б) задание набора правил на обработку выборки данных с помощью графического инструмента создания правил обработки данных;
- в) совместное функционирование множества модулей ПД при интеграции в единый программный интерфейс модулей ПД (модулей-источников данных, модулей обработки данных, модулей анализа и модулей верификации);
- г) персистентное (долговременное) хранение пользовательских настроек процесса подготовки данных для размещения в ХД;
- д) анализ, верификацию и преобразование выборки данных в соответствии с заданным набором правил;
- е) восстановление пропущенных данных на основе анализа накопленной статистики;
- ж) анализ данных параметров ТЛОБП на основе методов машинного обучения (анализ распределённых лагов, фильтры временных рядов, полосовой анализ, методы автоматической классификации данных, нейронные сети) для решения задач прогнозирования и интерпретации подготавливаемых данных.

#### 3.8.2 Модуль СМП должен обеспечивать:

- а) создание, модифицирование и запись в ХД моделей ТЛОБП с помощью визуального конструктора моделей мультиагентных имитационных процессов, деревьев анализа параметров процесса, вновь разработанных функциональных элементов нотации МППР для представления графических элементов создания моделей, на основе web-интерфейса;
- б) точность соответствия результатов контрольного прогона разработанного процесса заданным значениям – не менее 80 %;
- в) независимое от пользователя исполнение модели процесса в виде отдельного вычислительного процесса;
- г) запуск и одновременное исполнение нескольких экземпляров моделей процессов, создаваемых с помощью модуля СМП;
- д) согласование входных и выходных параметров модели процессов, создаваемой с помощью модуля СМП, с параметрами реальных технологических процессов для выполнения модели в модуле ИМ;

- е) создание протоколов совещаний, проводимых в рамках реализации типового постоянно действующего бизнес-процесса предприятия по изменению производственных процессов;
- ж) создание средств обработки обращений пользователей для выполнения обработки инцидентов, связанных с эксплуатацией АС ВМП.

#### 3.8.3 Модуль ИМ должен обеспечивать:

- а) получение данных из модуля ОДАСП;
- б) получение данных из модуля КЗ;
- в) получение данных из модуля ПД;
- г) получение описания выполненных на производстве ТЛОБП из модуля ХД;
- д) анализ параметров выполненных ТЛОБП. Длительность анализа – не более 30 минут. Анализ должен выполняться:
  - 1) путем имитации процесса, с помощью модели созданной в модуле СМП,
  - 2) с помощью дерева анализа параметров процесса, созданной в модуле СМП;
- е) выдачу результатов анализа в модуль ОДАСП;
- ж) отображение результатов анализа процессов в зависимости от ролей пользователей;
- и) функционирование в режиме разделения процессов выполнения модели и отображения результатов для обеспечения нескольких представлений каждой из выполняющихся моделей;
- к) одновременный запуск нескольких модулей ИМ, в каждом из которых выполнение моделей производится независимо друг от друга без средств отображения функционирования модуля ИМ, без ожидания и временных остановок выполняющихся потоков вычислений (в асинхронном неблокирующем режиме выполнения);
- л) загрузку имитационной модели в модуль ИМ, созданной в СМП;
- м) управление выполняющимися моделями в модуле ИМ с помощью команд на старт, останов, отслеживание состояния.

#### 3.8.4 Модуль ОПП должен обеспечивать:

- а) получение расчетных данных из модуля ИМ;
- б) получение выборки данных из модуля КЗ;
- в) получение результатов выполнения настроек подготовки данных, созданных в модуле ПД;
- г) получение значений параметров выполненных ТЛОБП при взаимодействии с модулем ОДАСП;
- д) оптимизацию ТЛОБП на основе методов имитационно моделирования (мультиагентного, экспертного, ситуационного моделирования), метода анализа и устранения узких мест ТЛОБП:
  - 1) с использованием механизма планирования и проведения экспериментов на имитационной модели процесса предприятия;

- 2) на основе гибридного эволюционно-имитационного алгоритма;
- е) выдачу рекомендаций по изменению технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия;
- ж) создание отчетов о выполненных процессах предприятия и запись отчетов в ХД. Отчеты о выполненных процессах предприятия должны содержать информацию о времени начала и окончания выполнения процессов предприятия;
- и) создание отчетов с рекомендациями по недопущению выявленных инцидентов и вывод отчетов в форматах .doc, .xlsx, .csv, .xml:
  - 1) отчет о причинах выпуска некачественной продукции и рекомендуемых мерах по недопущению выпуска некачественной продукции,
  - 2) отчет о причинах задержки движения материалов и рекомендуемых мерах по недопущению задержки движения материалов,
  - 3) отчет о причинах задержки выполнения решений и рекомендуемых мерах по недопущению задержки выполнения решений;
- к) визуализацию выполнения процессов предприятия в формате 3D-анимации;
- л) визуального отображения входных и выходных переменных работы эволюционно-имитационного алгоритма.

### **3.9 Требования к техническим характеристикам АИС САД**

- 3.9.1 Функция «Получение данных от АС ТП» предназначена для получения и обработки данных от АСУТП, точность и достоверность которых гарантирована метрологической службой предприятия.
- 3.9.2 Функция «Получение данных от КИС, MES, ERP-систем» должна обеспечивать:
  - получение требуемых параметров и их значений заданной точности по видам производимой продукции;
  - получение учетных данных продукции (количество, вес, номер заказа, марка стали, номер плавки, маркировка рулона, маркировка сляба), выпущенной по параметрам, заданным в выполняемых процессах предприятия;
  - направление дальнейшего использования (переназначение) продукции.
- 3.9.3 Функция «Взаимодействие с Модулем интеграции моделей и выдача данных в КИС, MES, ERP-системы» должна обеспечивать:
  - передачу расчетных параметров продукции;
  - передачу расчетных параметров переназначения продукции.
- 3.9.4 Функция «Запись данных в Хранилище» должна обеспечивать запись в ХД пакета (массива) данных, поступивших от АС ТП, КИС, MES, ERP-

систем. Длительность записи данных от:

- АС ТП – не более 10 мин;
- КИС, MES, ERP-систем – не более 30 мин.

### **3.10 Требования к техническим характеристикам АИС МОД**

3.10.1 Функция «Получение выборки данных, сформированных по запросу из модуля «Конструктор запросов» должна обеспечивать:

- прием с помощью модуля «Конструктор запросов» выборки, сформированной пользователем;
- передачу выборки через интерфейсные таблицы ХД.

3.10.2 Функция «Задание набора правил на обработку выборки данных» должна обеспечивать:

- формирование правила обработки выборки (например: «заменить отсутствующие значения, средним значением» или «удалить запись, если есть отсутствующие значения»);
- запись сформированного правила в ХД.

3.10.3 Функция «Анализ, верификация и преобразование выборки в соответствии с заданным набором правил» должна обеспечивать:

- применение сформированных правил для модификации выборки.

3.10.4 Функция «Создание, модифицирование и запись в Хранилище моделей технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов» должна обеспечивать:

- создание модели;
- запись созданной модели в Хранилище;
- извлечение модели из Хранилища для модификации;
- модификацию модели.

3.10.5 Функция «Получение данных из модуля «Обмен данными» должна обеспечивать:

- прием данных для анализа параметров выполненных технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов;

3.10.6 Функция «Получение из Хранилища описания выполненных на производстве технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов» должна обеспечивать:

- получение описания выполненных на производстве технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия из ХД для анализа параметров выполненных технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов.

3.10.7 Функция «Анализ параметров выполненных технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов» должна

обеспечивать:

- выполнение анализа параметров выполненных технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия. Длительность анализа – не более 30 минут.

3.10.8 Функция «Выдача результатов анализа в модуль «Обмен данными» должна обеспечивать:

- передачу расчетных данных анализа параметров выполненных технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов в модуль обмена данными для их дальнейшей передачи КИС, MES и ERP системам.

3.10.9 Функция «Получение расчетных данных из модуля «Интеграция моделей» должна обеспечивать:

- получение данных для анализа и оптимизации технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия.

3.10.10 Функция «Получение выборки данных из модуля «Конструктор запросов» должна обеспечивать:

- получение данных для анализа и оптимизации по историческим данным за период не менее одних суток и не более семи лет.

3.10.11 Функция «Оптимизация технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия» должна обеспечивать:

- анализ процессов предприятия и формирование данных для выдачи рекомендаций по изменению технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия.

3.10.12 Функция «Выдача рекомендаций по изменению технологических, логистических и организационных (бизнес) процессов предприятия» должна обеспечивать:

- создание структурированных отчетов и запись их в ХД;
- включение в отчеты перечней причин и рекомендуемых мер;
- выгрузку отчетов в форматах xls, csv, xml, docx для печати или публикации;
- визуализацию выполнения процессов предприятия в формате 3D-анимации.

**3.11 Требования к типовому постоянно действующему бизнес-процессу предприятия по изменению производственных процессов на основе АС ВМП (ТБПИ)**

3.11.1 ТБПИ должен состоять из процессов:

- а) изменение технологического процесса;
- б) изменение логистического процесса;

в) изменение организационного (бизнес) процесса.

3.11.2 Процесс изменения технологического процесса должен состоять из стадий:

- а) анализ качества продукции (АКП);
- б) выявление причин выпуска некачественной продукции (ВПНП);
- в) принятие мер по исключению выпуска некачественной продукции (ПМНП).

3.11.2.1 На стадии АКП должно производиться:

- а) создание отчета о переназначении продукции между заказами на поставку и отбраковку продукции с использованием модуля КЗ АИС САД;
- б) принятие решения о выполнении стадии ВПНП: назначаются исполнители и выдаются задания на выполнение ВПНП.

Периодичность стадии АКП: не реже одного раза в неделю.

3.11.2.2 На стадии ВПНП должно производиться:

- а) получение выборок по параметрам выпущенной продукции с использованием модуля КЗ АИС САД;
- б) построение моделей технологических процессов с использованием модулей ПД и СМП АИС МОД;
- в) создание отчета о причинах выпуска некачественной продукции мерах по недопущению выпуска некачественной продукции с использованием модуля ОПП АИС МОД. Отчет должен быть создан в формате docx;
- г) печать отчета о причинах выпуска некачественной продукции, содержащий рекомендации по недопущению выпуска некачественной продукции. Отчет должен быть подписан исполнителем.

Периодичность стадии ВПНП: по заданиям, выданным на стадии РКП.

3.11.2.3 На стадии ПМНП должно производиться:

- а) анализ отчетов, полученных на стадии ВПНП;
- б) принятие управленческих решений о реализации рекомендованных в отчете мер. Решения должны быть оформлены в виде протокола совещания по анализу причин выпуска некачественной продукции, с указанием перечня мер и заданий, назначенных конкретным исполнителям.

Периодичность стадии ПМНП: в зависимости от результатов стадии ВПНП.

3.11.3 Процесс изменения логистических процессов должен состоять из стадий:

- а) анализ движения материалов между технологическими операциями (переделами) ТБПИ предприятия (РДМ);
- б) выявление причин задержки движения материалов (ВПЗМ);
- в) принятие мер по исключению задержек движения материалов (ПМЗМ).

3.11.3.1 На стадии РДМ должно производиться:

- а) создание отчета о функционировании и простоях оборудования с использованием модуля КЗ АИС САД;
- б) создание отчета о перемещениях продукции по переделам в ходе технологического процесса с использованием модуля КЗ АИС САД;
- в) принятие решения о выполнении стадии ВПЗМ. В случае выявления необходимости выполнения стадии ВПЗМ должен быть составлен протокол совещания, в котором должны быть указаны задания и назначены конкретные исполнители для выполнения ВПЗМ.

Периодичность стадии РДМ: не реже двух раз в год.

3.11.3.2 На стадии ВПЗМ должно производиться:

- а) получение выборок по движению продукции по переделам, необходимых для построения моделей логистических процессов с использованием модуля КЗ АИС САД;
- б) построение моделей логистических процессов с использованием модулей ПД и СМП АИС МОД;
- в) создание отчета о причинах задержки движения материалов и мерах по недопущению задержки движения материалов с использованием модуля ОПП АИС МОД. Отчет должен быть создан в формате docx;
- г) печать отчета о причинах задержки движения материалов, содержащий рекомендации по устранению задержки движения материалов. Отчет должен быть подписан исполнителем.

Периодичность стадии ВПЗМ: в зависимости от результатов стадии РДМ.

3.11.3.3 На стадии ПМЗМ должно производиться:

- а) анализ отчетов, полученных на стадии ВПЗМ;
- б) принятие управленческих решений о реализации рекомендованных в отчете мер. Решения должны быть оформлены в виде протокола совещания по анализу причин задержки движения материалов, с указанием перечня мер и заданий, назначенных конкретным исполнителям.

Периодичность стадии ПМЗМ: в зависимости от результатов стадии ВПЗМ.

3.11.4 Процесс изменения организационных (бизнес) процессов должен состоять из стадий:

- а) анализ выполнения принятых решений (АВР);
- б) выявление причин задержки выполнения принятых решений (ВПЗР);
- в) принятие мер по исключению задержки выполнения принятых решений (ПМЗР).

3.11.4.1 На стадии АВР должно производиться:

- а) анализ выполнения решений об изменениях технологических и логистических процессов;
- б) принятие решения о выполнении стадии ВПЗР. В случае выявления необходимости выполнения стадии ВПЗР должны быть составлен протокол совещания, в котором должны быть указаны задания и назначены конкретные исполнители для выполнения ВПЗР.

Периодичность стадии АВР: не реже одного раза в квартал.

3.11.4.2 На стадии ВПЗР должно производиться:

- а) построение моделей организационных (бизнес) процессов с использованием модуля СМП АИС МОД;
- б) определение необходимого количества персонала анализируемых организационных (бизнес) процессов с использованием модуля ОПП АИС МОД на основе модели процесса, созданной в модуле СМП;
- в) создание отчета о причинах задержки выполнения решений и мерах по исключению задержки выполнения решений. Отчет должен быть создан в формате docx;
- г) печать отчета о причинах задержки выполнения решений, содержащий рекомендации по их недопущению. Отчет должен быть подписан исполнителем.

Периодичность стадии ВПЗР: по заданиям, выданным на стадии АВР.

3.11.4.3 На стадии ПМЗР должно производиться:

- а) анализ отчетов, полученных на стадии ВПЗР;
- б) принятие управленческих решений о реализации рекомендованных в отчете мер. Решения должны быть оформлены в виде протокола совещания по анализу причин задержки движения материалов с указанием перечня мер и заданий, назначенных конкретным исполнителям. Протокол должен быть подписан исполнителем.

Периодичность стадии ПМЗР: в зависимости от результатов стадии ВПЗР.

3.11.5 Процессы ТБПИ должны быть представлены в виде:

- а) детализированной и формализованной структуры процессов управления изменениями ТЛОБП в нотации BPMN в нормальном режиме и режиме срочных изменений, с учетом ролевой модели АС ВМП;
- б) методики (технологии) выполнения ТБПИ в среде АС ВМП с учетом эффективности предлагаемых изменений ТЛОБП.

**3.12 Требования к организации входных данных АИС САД:**

- модуль ОДАСП должен принимать параметры и их значения из АС ТП в соответствии со стандартами OPC;
- модуль ОДАСП должен принимать параметры процессов предприятия и их значения в формате хранения данных в КИС, MES и ERP-системах путем репликации баз данных.

**3.13 Требования к организации входных данных АИС МОД:**

- входные данные АИС МОД должны быть представлены в формате хранения реляционных таблиц.

**3.14 Требования к организации выходных данных АИС САД:**

- данные для АС ТП должны быть представлены в форматах, соответствующих стандартам OPC;
- данные для КИС, MES и ERP должны быть представлены в формате реляционных таблиц;
- данные для АИС МОД должны быть представлены в формате таблиц ХД.

**3.15 Требования к организации выходных данных АИС МОД:**

- данные расчетов модуля интеграции моделей должны быть представлены в формате таблиц ХД;
- данные для опубликования отчетов должны выдаваться в форматах xls, csv, xml, docx.

**3.16 Требования к организации входных данных ТБПИ**

Входные данные должны поступать в виде и форматах, заданных для АИС МОД.

**3.17 Требования к организации выходных данных ТБПИ**

Выходные данные ТБПИ должны содержать:

3.17.1 Документы для изменения технологических процессов:

- отчет о причинах выпуска некачественной продукции в формате docx;
- протокол совещания по рассмотрению причин выпуска некачественной

продукции с указанием перечня мер и заданий, назначенных конкретным исполнителям(твердая копия);

- рекомендации по недопущению выпуска некачественной продукции.

#### 3.17.2 Документы для изменения логистических процессов:

- отчет о причинах задержки движения материалов в формате docx;
- протокол совещания по рассмотрению причин задержки движения материалов с указанием перечня мер и заданий, назначенных конкретным исполнителям(твердая копия);
- рекомендации по недопущению задержки движения материалов.

#### 3.17.3 Документы для изменения организационных (бизнес) процессов:

- отчет о причинах задержки выполнения принятых решений в формате docx;
- протокол совещания по рассмотрению причин задержки выполнения принятых решений с указанием перечня мер и заданий, назначенных конкретным исполнителям(твердая копия);
- рекомендации по недопущению задержки выполнения принятых решений.

### 3.18 Требования к временным характеристикам

Требования к временным характеристикам приведены в п.п.3.8.3, 3.9.4, 3.10.7ТТ.

### 3.19 Требования к надежности

#### 3.19.1 АС ВМП должна удовлетворять следующим требованиям надежности:

- а) время восстановления после отказа, вызванного сбоем электропитания технических средств (иными внешними факторами), не фатальным сбоем (крахом) операционной системы, не фатальным сбоем (крахом) базы данных, при условии соблюдения условий эксплуатации технических и программных средств, должно составлять не более 30 минут после восстановления и запуска операционной системы;
- б) время восстановления после отказа, вызванного неисправностью технических средств, фатальным сбоем (крахом) операционной системы, должно составлять не более 24 часов;
- в) надежное функционирование Комплекса должно быть обеспечено:
  - 1) резервированием серверов, указанных в п.п.3.21.1.1ТТ;
  - 2) резервным копированием программ и данных в режиме, заданном в Таблице №1.

Таблица 1. Режим резервного копирования

Период резервного	Режим выполнения	Время хранения	Требуемое время для восстановления
-------------------	------------------	----------------	------------------------------------

копирования	резервного копирования	копии	информации по запросу
с 19:00 до 8:00	еженедельно	1 месяц	не более 12 ч

### 3.19.2 Критерии отказа разрабатываемой системы:

Отказом системы считают прекращение выполнения системой функций, заданных требованиями п. 3.7 настоящих ТТ.

## 3.20 Условия эксплуатации

### 3.20.1 Климатические условия эксплуатации

Условия эксплуатации АС ВМП должны соответствовать условиям эксплуатации технических средств, согласно п. 3.21 настоящих Технических Требований, указанными производителями технических средств в паспортных данных.

### 3.20.2 Требования к видам обслуживания

Виды и периодичность обслуживания АС ВМП должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51188 и рекомендациям Министерства труда и социального развития РФ, изложенным в Постановлении № 28 от 23 июля 1998 г. «Об утверждении межотраслевых типовых норм времени на работы по сервисному обслуживанию ПЭВМ и оргтехники и сопровождению программных средств», а также требованиям инструкций по эксплуатации системы.

### 3.20.3 Требования к численности и квалификации обслуживающего персонала

АС ВМП должна обслуживаться персоналом (системными инженерами) предприятия в количестве и с квалификацией, указанным в Таблице №2:

Таблица 2 «Квалификационные требования к персоналу»

№ п/п	Наименование должности, специальности, профессии	Количество	Требуемая квалификация
1	Администратор баз данных	1	Высшее образование по специальности
2	Системный администратор	1	Высшее образование по специальности

## 3.21 Требования к составу и параметрам технических средств

### 3.21.1 АС ВМП должна функционировать на следующих технических средствах:

#### 3.21.1.1 Сервер, предназначенный для обеспечения функционирования СУБД, веб-сервера, ХД и сервера приложений АС ВМП, с

характеристиками не хуже, заданных в Таблице №3:

Таблица 3 «Характеристики сервера приложений АС ВМП»

Комплектующие	Кол-во
IBM Bladecenter HS22V 7871B6U	1
Intel Xeon Processor X5660 6C 2.80GHz 12MB Cache 1333MHz 95w	2
16 GB (1x16GB, 2Rx4, 1.35V) PC3L-10600 CL9 ECC DDR3 1333MHz VLP RDIMM	16
IBM 50GB SATA 1.8" NHS SSD	2

3.21.1.2 Дискровая подсистема с характеристиками не хуже заданных в Таблице №4:

Таблица 4 «Характеристики дисковой подсистемы сервера приложений АС ВМП»

Комплектующие	Кол-во
SAS HDD 15k 450GB	8
SSD 300GB	6
FChostbusadapter (HBA) IBM	1

3.21.1.3 АРМ персонала:

Техническое обеспечение АРМ персонала должно соответствовать требованиям к техническому обеспечению, необходимому для функционирования типового веб-браузера.

Состав и характеристики технических и программных средств АС ВМП, должны быть уточнены на этапе 4.

### 3.22 Требования к информационной и программной совместимости

3.22.1 АС ВМП должна функционировать под управлением операционной системы RedHat Enterprise Linux 5.

3.22.2 Для разработки АС ВМП должны использоваться следующие языки программирования:

- язык программирования С, реализация GNU (GCC) версия 4.0 или выше;
- язык программирования Java, Java Platform, Enterprise Edition, версия 6 или выше;
- PL/SQL встроенный язык программирования Oracle Database;
- дополнительно к перечисленным языкам программирования, для разработки АРМ персонала должен применяться язык С# версия .NET Framework не ниже 2.0;
- Delphi версия не ниже 7.0.

- 3.22.3Сервер баз данных АС ВМП должен функционировать под управлением СУБД Oracle DataBase 11G Enterprise Edition.
- 3.22.4Промышленный веб-сервер должен функционировать на оборудовании, указанном в п.п. 3.21.1.1 ТТ.
- 3.22.5Состав и характеристики сторонних программных средств, необходимых для обеспечения функционирования АС ВМП, должны быть уточнены на этапе 2. В АС ВМП должны быть предусмотрены средства по обеспечению информационной безопасности, в том числе защита от несанкционированного доступа.

### **3.23 Требования к упаковке и маркировке**

#### **3.23.1 Требования к упаковке**

- упаковка носителей дистрибутива программного обеспечения должна проводиться в закрытых вентилируемых помещениях при температуре от +15°С до + 40°С и относительной влажности не более 80% при отсутствии агрессивных примесей в окружающей среде;
- подготовленные к упаковке носители дистрибутива укладывают в тару, представляющую собой коробки из картона гофрированного (ГОСТ 7376-89 или ГОСТ 7933-89) согласно чертежам предприятия-изготовителя тары;
- эксплуатационная документация должна поставляться в электронном виде на носителях дистрибутива;
- габариты грузового места должны быть не более 256x184x50 мм;
- масса брутто – не более 2 кг.

#### **3.23.2Требования к маркировке**

- упаковка носителей дистрибутива должна иметь маркировку с обозначением товарного знака компании-разработчика, типа (наименования), номера версии, порядкового номера, даты изготовления;
- маркировка должна быть нанесена на упаковку в виде наклейки, выполненной полиграфическим способом с учетом требований ГОСТ 9181-74.

### **3.24 Требования к транспортированию и хранению**

#### **3.24.1Упакованные носители дистрибутива должны транспортироваться в грузовом салоне автомобильного, крытых вагонах или контейнерах железнодорожного или морского транспорта, а также в герметичных отсеках авиационного транспорта на расстояние:**

- воздушным транспортом на любое расстояние;
- железнодорожным транспортом на любое расстояние;
- автомобильным транспортом на любое расстояние.

#### **3.24.2Условия транспортирования:**

- температура окружающей среды: от -40°C до +40°C;
- относительная влажность до 95% при температуре +30°C;
- атмосферное давление от 84 кПа до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- воздействие ударных нагрузок многократного действия с пиковым ускорением не более 15g (147 м/с<sup>2</sup>) при длительности действия ударного ускорения 10-15 мс;
- гарантийный срок хранения носителей дистрибутива системы в заводской упаковке в отопляемом помещении – не менее 5 лет.

### **3.25 Требования по стандартизации и унификации**

3.25.1 Компоненты АС ВМП должны обеспечивать унификацию функциональных задач, операций и интерфейсов.

3.25.2 Экранные формы АС ВМП должны проектироваться с учетом требований унификации:

- все экранные формы пользовательского интерфейса должны быть выполнены в едином графическом дизайне, с одинаковым расположением основных элементов управления и навигации;
- для обозначения сходных операций должны использоваться сходные графические значки, кнопки и другие управляющие (навигационные) элементы. Термины, используемые для обозначения типовых операций (добавление информационной сущности, редактирование поля данных), а также последовательности действий пользователя при их выполнении, должны быть унифицированы;
- внешнее поведение сходных элементов интерфейса (реакция на наведение указателя «мыши», переключение фокуса, нажатие кнопки) должны реализовываться одинаково для однотипных элементов. АС ВМП должна соответствовать требованиям эргономики и профессиональной медицины при условии комплектования оборудованием, имеющим необходимые сертификаты соответствия и безопасности Росстандарта.

## **4 Требования к документации**

4.1 Виды, состав и комплектность разрабатываемой технической документации установлены документом «Комплектность технической документации, разрабатываемой в рамках Договора», разрабатываемым на этапе I выполнения проекта.

4.2 Техническая (программная и эксплуатационная) документация должна соответствовать требованиям стандартов ЕСПД.

4.3 Документация по типовому бизнес процессу (организации работ) с системой АС ВМП должна включать:

- определение бизнес-ролей;
- схему процесса управления изменениями;
- сценарий для срочных изменений;

- правила документирования изменений;
- правила анализа эффективности изменений.

## **5 Специальные требования**

### **5.1 Требования к испытаниям**

- 5.1.1 На всех этапах разработки разрабатываемой системы должна производиться оценка качества программных средств в соответствии с требованиями ГОСТ 28195-99.
- 5.1.2 Для подтверждения соответствия разрабатываемой продукции требованиям настоящих ТТ и нормативно-технической документации должны быть проведены следующие испытания АС ВМП:
- предварительные испытания с целью предварительной оценки соответствия системы требованиям настоящих ТТ, а также для определения готовности системы к приемочным испытаниям;
  - приемочные испытания с целью оценки всех определенных настоящими ТТ характеристик системы, проверки и подтверждения соответствия системы изложенным требованиям в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации (применения, использования) продукции, а также для принятия решений о возможности внедрения системы на металлургических предприятиях.
- 5.1.3 Предварительные и приемочные испытания опытных образцов должны быть проведены по утвержденным программам и методикам.
- 5.1.4 Исходные данные для проведения опытной эксплуатации, предварительных и приемочных испытаний должны быть получены на предприятии металлургической промышленности не ранее, чем на этапе проведения указанных испытаний.
- 5.1.5 Должна быть разработана библиотека преобразования данных, состоящая из алгоритмов преобразования, анализа и верификации данных с учетом требований единого программного интерфейса модулей-обработчиков ПД.
- 5.1.6 Для обеспечения выполнения требований единого программного интерфейса модулей-обработчиков ПД при разработке библиотеки преобразования данных в составе модуля ПД должна быть разработана подсистема автоматизированного модульного тестирования модулей преобразования, анализа и верификации данных.
- 5.1.7 Для 3D-визуализации процессов в модуле ОПП должен быть разработан конструктор построения представлений объектов, сцен и процессов.

## **6 Требования к подготовке к оказанию услуг, предусмотренных п. 1.3**

6.1 С целью предоставления услуг по п. 1.3 должны быть выполнены следующие мероприятия по организации производства:

6.1.1 Создание инфраструктуры разработки в составе рабочих мест разработчиков, программных средств разработки, серверов и других программно-технических средств;

6.1.2 Создание инфраструктуры технической поддержки потребителей в составе рабочих мест специалистов, программного обеспечения поддержки потребителей (Service Desk), серверов и других программно-технических средств;

6.1.3 Планирование штатной структуры, разработка квалификационных требований к персоналу, подбор и обучение персонала;

6.1.4 Разработка плана подготовки к внедрению АС ВМП на предприятие;

6.1.5 Проведение маркетинговых мероприятий по продвижению продукции и услуг и привлечению потенциальных потребителей;

6.1.6 Разработка технологических инструкций по сопровождению и обслуживанию АС ВМП;

6.1.7 Разработка проекта типового договора о поставке системы с предприятиями-потребителями;

6.1.8 Разработка проекта типового соглашения об уровне обслуживания (SLA – Service Level Agreement) с предприятиями-потребителями;

6.1.9 Разработка проекта типового коммерческого предложения;

6.1.10 Разработка регламентов по подготовке металлургического предприятия к внедрению разрабатываемой АС ВМП;

6.1.11 Разработка регламентов по подготовке ЗАО «Ай-Теко» к внедрению разрабатываемой АС ВМП.

## **6.2 Требования к опытной эксплуатации АС ВМП**

6.2.1 Перед проведением приемочных испытаний АС ВМП должна быть проведена его опытная эксплуатация. Опытная эксплуатация (ОЭ) должна быть организована в соответствии с подразделами 2 и 4 приложения 2 методических указаний РД 50-34.698.

6.2.2 Опытная эксплуатация должна быть проведена при оказании услуг по пункту 1.3 настоящих ТТ:

- а) в режиме 8 часов 4 дней в неделю;
- б) в течение не менее 720 часов;
- в) на основе потока событий в модуль ОДАСП, формируемого с помощью вновь разработанной подсистемы восстановления последовательности событий, произошедших в ходе выпуска единиц металлургической продукции, полученных из баз данных металлургического производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

6.2.3 Результаты ОЭ должны быть оформлены актом и протоколами, содержащими собранную статистику для подтверждения расчетных значений надежности АС ВМП.

## 7 Требования к патентной чистоте и патентоспособности

- 7.1 На этапе № 4 выполнения работ должны быть проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96.
- 7.2 Патентная чистота на методы и способы системы быть обеспечена в отношении Российской Федерации, США и Евросоюза.

## 8 Порядок выполнения и приемки этапов ОКР

- 8.1 Работа должна выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 19.102-77, РД 50-34.698, ГОСТ Р 15.201.
- 8.2 Место проведения опытной эксплуатации, предварительных и приемочных испытаний:
  - ЗАО «Ай-Теко», г. Москва.

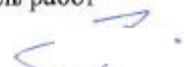
**ЗАО «Ай-Теко»**

Заместитель Директора  
департамента,  
руководитель работ

  
ЕЛАГИН Вячеслав Владимирович

**ФГАОУ ВПО «Уральский  
федеральный университет имени  
первого Президента России  
Б.Н.Ельцина»**

Проректор по учебной работе, доцент,  
доктор технических наук,  
руководитель работ

  
КНЯЗЕВ Сергей Тихонович

## Приложение 5. Копии актов об использовании результатов диссертационного исследования



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)

ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620002.  
факс: +7 (343) 375-97-78; тел.: +7 (343) 374-38-84  
контакт-центр: +7 (343) 375-44-44, 8-800-100-50-44 (звонок бесплатный)  
e-mail: rector@urfu.ru, www.urfu.ru  
ОКПО 02069208, ОГРН 1026604939855, ИНН/КПП 6660003190/667001001

20.08 2021 № 33.02-32/229  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



### АКТ

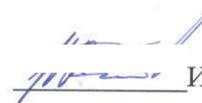
Об использовании результатов диссертационного исследования

Пономаревой Ольги Алексеевны

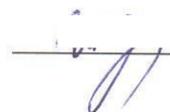
Мы, нижеподписавшиеся, представители Уральского Федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ) директор Института Радиозлектроники и Информационных технологий – РТФ (ИРИТ-РТФ) Илья Николаевич Обабков и директор учебно-научного центра «Информационная безопасность» (УНЦ ИБ) Поршнев Сергей Владимирович составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования Пономаревой О.А. используются при реализации учебного процесса по дисциплине «Моделирование информационно-аналитических систем» в том числе:

- технология построения хранилища гетерогенных данных в информационно-аналитических система промышленных предприятий

Директор ИРИТ-РТФ

 И.Н. Обабков

Директор УНЦ ИБ

 С.В. Поршнев

196472

**АКТ**  
**о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы**

10 сентября 2021 г.

Настоящим актом подтверждается, что основным результатом диссертационной работы «Разработка методологии структурного синтеза хранилищ гетерогенных данных промышленных предприятий», выполненной Пономаревой Ольгой Алексеевной в части разработки нового подхода к построению хранилища гетерогенных данных, основывающемся на использовании онтологических моделей системы хранения, был внедрен в ООО «Октоника» в рамках разработки программного комплекса «Колибри – Финансы». Практическим результатом на текущем этапе внедрения является использование предложенного подхода к построению гетерогенной структуры хранения данных. Использование данной методологии позволило формировать единое хранилище данных для решения широкого спектра аналитических задач.

Генеральный директор  
ООО «Октоника»



Ведьманов К.Г.

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор АО «Ай-Теко»  
В. В. Подшивалов  
01 сентября 2021 г.

### АКТ

#### Об использовании результатов диссертационного исследования Пономаревой Ольги Алексеевны

Мы, нижеподписавшиеся, представители АО «Ай-Теко» составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования «Разработка методологии структурного синтеза хранилищ гетерогенных данных промышленных предприятий» Пономаревой О.А., аспиранта ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (научный руководитель проф. Поршнева С.В.) используются в модуле ХД («Хранилище данных»), основанного на методологии построения хранилища гетерогенных данных в информационно-аналитических системах промышленных предприятий. Данный модуль является составной частью автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП), разработанной в рамках договора №02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167) при финансовой поддержке работ Министерством образования и науки Российской Федерации.

Руководитель проектов АО «Ай-Теко»

М.Д. Дубовик