

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий

(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»

(наименование)

09.03.03 Прикладная информатика

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Бизнес-информатика»

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка проекта автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии

Обучающийся

И.С. Печенкин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Т.Г. Любивая

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема бакалаврской работы «Разработка проекта автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии».

Бакалаврская работа посвящена разработке автоматизированной системы учета выпуска продукции на предприятии. В работе проведен анализ существующих решений для автоматизации учета производственного процесса, рассмотрен процесс проектирования и реализации автоматизированной системы учета производственного процесса организации, приведена оценка экономической эффективности предложенной системы.

Целью ВКР является проектирование и реализация проекта автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии.

Объектом исследования является производственный процесс выпуска продукции на предприятии. Предмет исследования – автоматизация процесса выпуска продукции на предприятии.

Практическая значимость ВКР состоит в том, что спроектированная и реализованная система позволит отслеживать и анализировать текущий процесс производства на предприятии, а также позволит отслеживать используемые ресурсы.

ВКР состоит из введения, трех глав и заключения. Первая глава ВКР является аналитической, в ней приведен анализ существующих систем и инструментов автоматизации производственных систем. Вторая глава ВКР содержит этапы проектирования проектных решений. Третья глава – реализация предложенной системы и оценка экономической эффективности.

Результатом ВКР является разработанный модуль для автоматизации производственных процессов на предприятии, который будет осуществлять не только учет самих производственных процессов, собственно выпуск продукции на предприятии, а также распределение ресурсов для производства.

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Техничко-экономический анализ производственного процесса предприятия.....	6
1.1 Описание производственного процесса типовой организации.....	6
1.2 Анализ бизнес-процессов типовой организации по выпуску производственной продукции.....	8
1.3 Анализ существующих разработок и обоснование выбора технологии проектирования.....	18
Глава 2 Проектирование автоматизированного решения по учету выпуска продукции на предприятии.....	21
2.1 Концептуальное проектирование производственного процесса организации.....	21
2.2 Логическое и физическое моделирование системы производственного процесса.....	31
Глава 3 Реализация и расчет экономической эффективности автоматизации выпуска продукции на производстве.....	35
3.1 Реализация системы учета производственных процессов выпуска продукции на предприятии.....	35
3.2 Расчет показателей экономической эффективности работы.....	40
Заключение.....	44
Список используемой литературы.....	46

Введение

В настоящее время производственная среда требует адаптивных и быстро реагирующих производственных систем, которые могут приспосабливаться к необходимым изменениям в функциях обработки, производственных мощностях и диспетчеризации заказов. Чтобы автоматизировать процесс принятия решений в среде ресурсов с несколькими поставщиками, требуется общая формальная модель ресурсов, представляющая функциональные возможности и ограничения ресурсов.

В данной выпускной квалификационной работе будет предложено решение, направленное на автоматизации производственного процесса, которая сможет повысить эффективность производства, а также минимизировать человеческие и производственные риски по выпуску продукции на производстве. Автоматизированное решение будет простым в использовании и предоставлять требуемые функции, основываясь на заявленные требования. Преимуществом использования предлагаемой системы будет возможность ее использования в промышленном производстве, а небольшие изменения могут легко настроить на любую предметную задачу. Таким образом, предложенное приложение может быть использовано для малых и средних организаций, в случае отсутствия профессиональных автоматизированных решений.

Целью ВКР является проектирование и реализация проекта автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии.

Объектом исследования является производственный процесс выпуска продукции на предприятии.

Предмет исследования – автоматизация процесса выпуска продукции на предприятии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- описать производственный процесс типовой организации;

- проанализировать бизнес-процесс типовой организации по выпуску производственной продукции;
- проанализировать существующие разработки и обосновать выбор технологии проектирования;
- осуществить концептуальное проектирование производственного процесса организации;
- выполнить логическое и физическое моделирование системы производственного процесса;
- реализовать подсистему учета производственных процессов выпуска продукции на предприятии;
- рассчитать показатели экономической эффективности от использования программной системы.

Практическая значимость ВКР состоит в том, что спроектированная и реализованная автоматизация процесса выпуска продукции на предприятии позволит не только контролировать сам процесс производства, но и отслеживать используемые ресурсы.

ВКР состоит из введения, трех глав и заключения. Во введении описана цель ВКР и обоснована необходимость автоматизированного решения. Первая глава ВКР является аналитической, в ней приведен анализ существующих систем и инструментов автоматизации производственных систем. Вторая глава ВКР является проектной и содержит этапы проектирования проектных решений. Третья глава – реализация предложенной системы и оценка экономической эффективности.

Результатом ВКР является разработанный модуль для автоматизации производственных процессов на предприятии, который будет осуществлять не только учет самих производственных процессов, собственно выпуск продукции на предприятии, а также распределение ресурсов для производства.

Глава 1 Технико-экономический анализ производственного процесса предприятия

1.1 Описание производственного процесса типовой организации

Любой производственный процесс включает в себя способы эффективного и продуктивного производства продуктов с целью привлечения клиентов за счет продаж, не теряя качество продукта [16].

Производственный процесс представляет собой комплекс явлений и действий, в которых участвуют материалы и товары, постепенно претерпевающие изменения. Они обуславливают последовательное развитие свойств товара, направленное на его целевое использование. Окончание производственного процесса наступает, когда все необходимые свойства данного продукта достигнуты [9].

Основной задачей производства является получение конечной продукции из сырья с использованием рабочей силы и техники. Управление производством связано с управлением всеми теми видами деятельности, которые связаны с производством или изготовлением конечных продуктов и услуг для блага людей.

Требования к производственным системам постоянно смещаются в сторону большей гибкости, что делает быстрое действие новой стратегической целью производственных предприятий наряду с качеством и экономической эффективностью. Производственным компаниям нужны производственные системы, которые могут быстро адаптироваться к необходимым изменениям в функциях обработки, производственных мощностях и диспетчеризации заказов. Такая адаптация и реконфигурация производства требуются на физическом и логическом уровнях. Реализация этих требований требует новых решений, таких как методы и инструменты планирования, которые резко сократили бы время и усилия, затрачиваемые на планирование и внедрение изменений на производстве [14].

На рисунке 1 представлена модель, выполненная в нотации BPMN и показывающая процесс планирования на производстве.

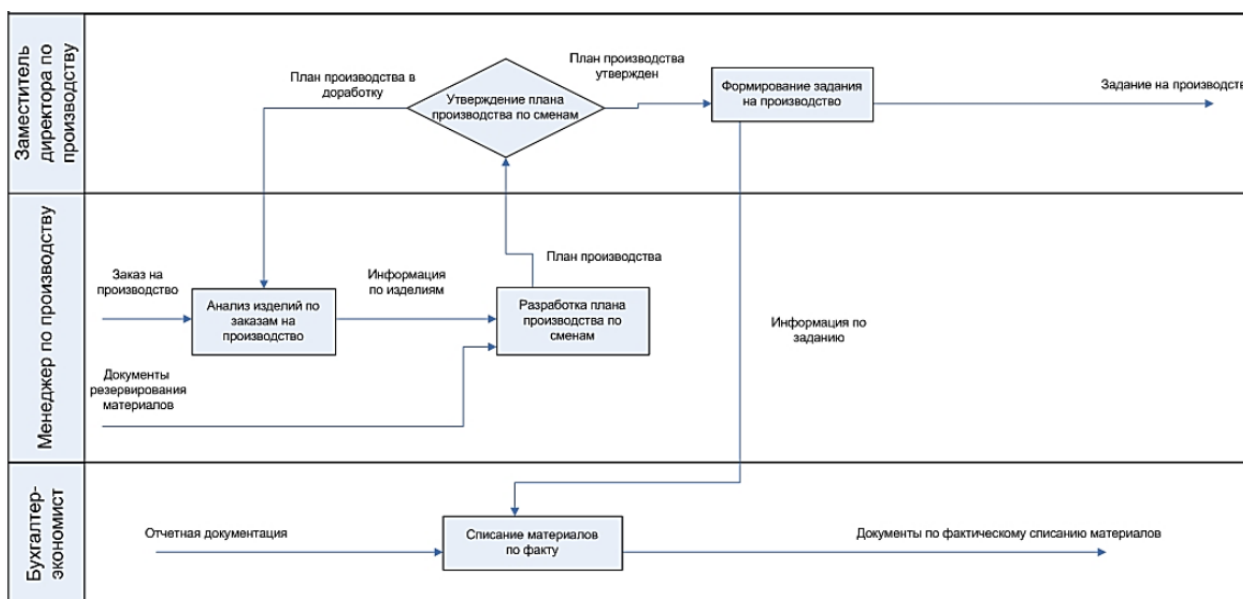


Рисунок 1 – Диаграмма процесса «Разработка программы планирования» в нотации «Процедура»

Чтобы обеспечить быстрое проектирование системы необходима общая формальная модель распределения возможностей ресурсов [3], [4]. Такая информационная модель должна позволять поставщикам ресурсов описывать функциональность своих предложений сопоставимым образом, а проектировщикам систем — обеспечивать соответствие между требованиями продукта и возможностями ресурсов.

На рисунке 2 представлена четырехуровневая архитектура рабочего процесса, управляемого документами. Слой схемы вверху содержит определения, состоящие из определения процесса, состоящего из задач, документов и ресурсов. Уровень выполнения показывает, что экземпляры процессов и их задач во время выполнения создаются, активируются и завершаются. Уровень планирования определяет алгоритмы, которые обеспечивают задачу необходимыми ресурсами для ее выполнения. Наконец,

прикладной уровень показывает, как данные приложения могут быть связаны с системой рабочего процесса [14].

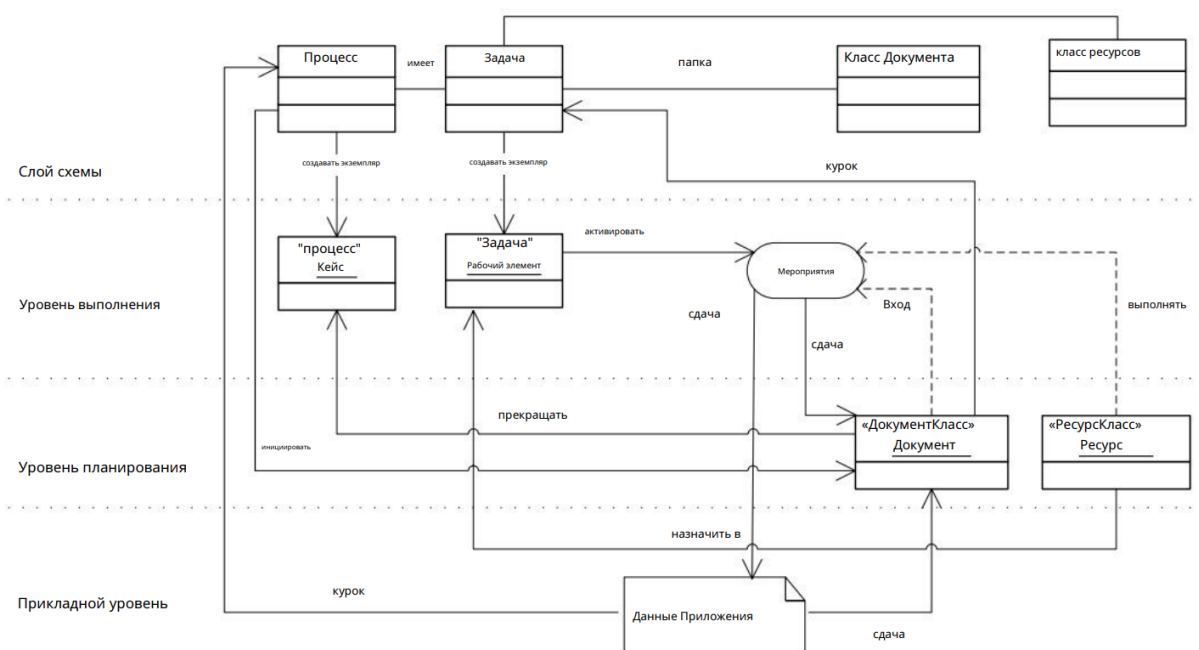


Рисунок 2 – Четырехуровневая архитектура рабочего процесса

Таким образом, цель автоматизации производственных процессов требует формального структурированного представления требований к продукту, а также возможностей, свойств и ограничений ресурсов [24].

1.2 Анализ бизнес-процессов типовой организации по выпуску производственной продукции

Большинство существующих подходов к описанию ресурсов специфичны для предметной области и предлагают лишь частичные решения для очень специфических приложений. Некоторые из них очень подробны и сосредоточены на конкретной области процесса (например, механической обработке), в то время как другие являются более высокоуровневыми представлениями всей области производства и лучше подходят для

приложений производственного планирования и проектирования. Цель состоит в том, чтобы позволить автоматическим методам сопоставления предлагать подходящие ресурсы и комбинации ресурсов для определенных требований к продукту из больших пространств поиска (пулов ресурсов). Модель возможностей ресурсов должна позволять определять функциональные конфигурации ресурсов, но при этом не давать детальное представление о поведении ресурсов (например, траектории движения) [16].

Для построения модели бизнес-процессов производственной организации была выбрана методология IDEF0. IDEF0 - это широко используемый метод структурного анализа и проектирования систем. Он используется для повышения производительности и связи в интегрированных производственных системах, а в последнее время и в качестве инструмента для реинжиниринга бизнес-процессов [15].

На рисунке 3 представлена контекстная диаграмма деятельности производственного цеха, выполненная на основе структурного моделирования IDEF0.

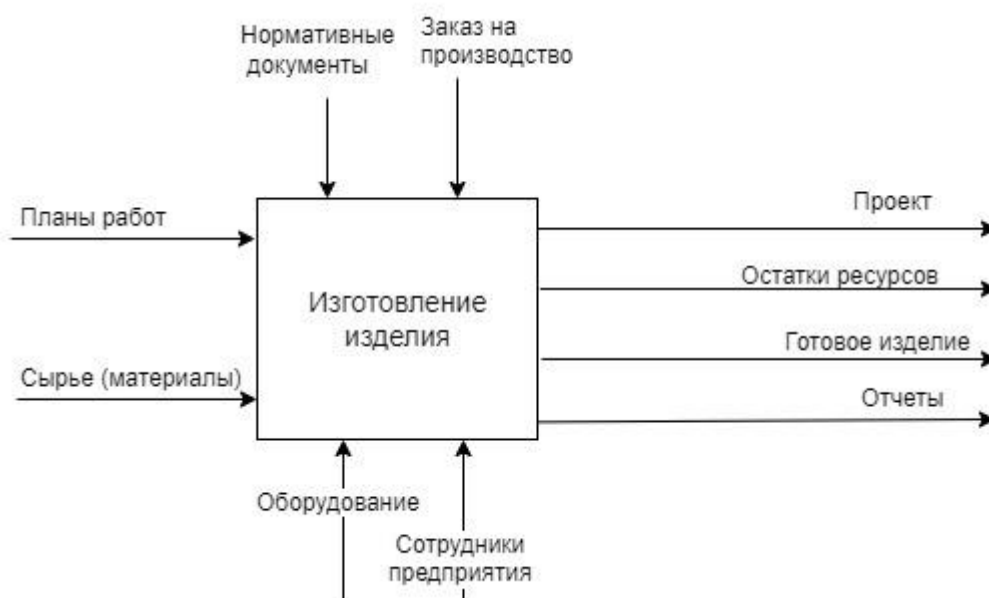


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма процесса производства изделий

На рисунке 4 представлена декомпозиция деятельности производственного цеха.

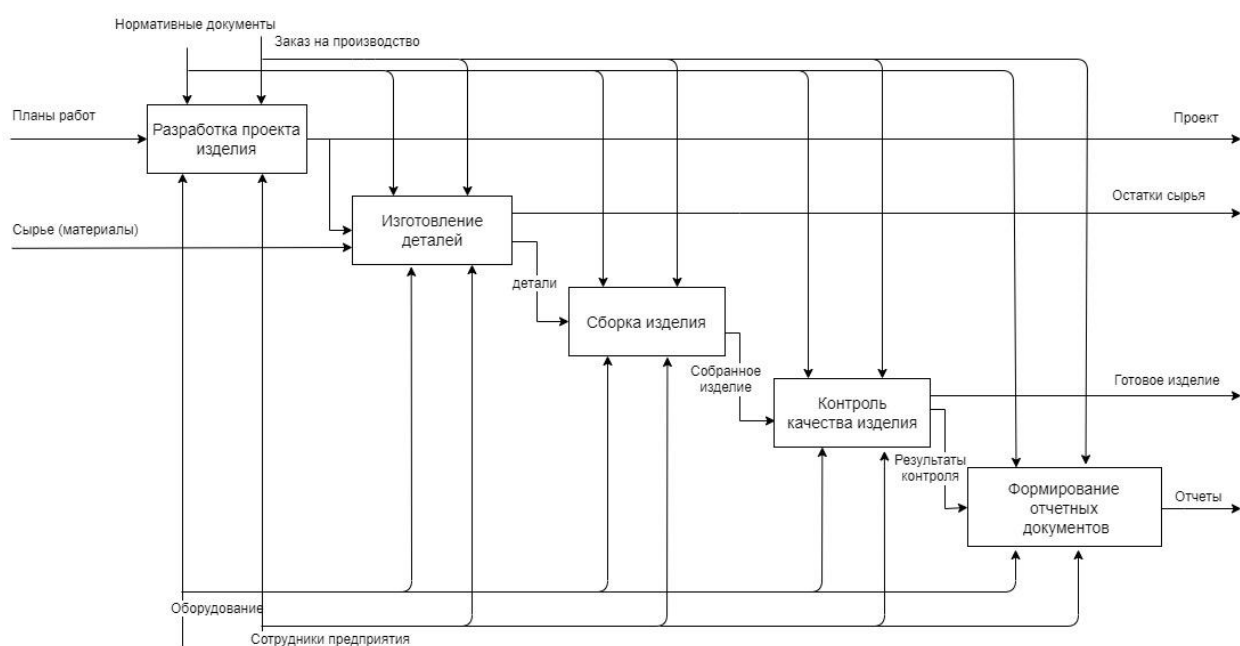


Рисунок 4 – IDEF0-диаграмма декомпозиции процесса производства изделий

В качестве входной информации для рассматриваемого процесса являются ресурсы, поступающие от заказчика: планы работ и необходимые материалы. Впоследствии, в процессе обработки, данные ресурсы будут переработаны в результирующие. Таким образом, на выходе данного процесса будут отчеты, готовый продукт, а также остатки материала. Нормативными документами, регламентирующими данный процесс, являются соответствующий ГОСТ и должностные инструкции.

На основании плана работ, поступающих на вход системы, формируется задание на изготовление продукта. В итоге выполнения данного процесса будет сформирован проект конечного продукта, содержащий данные, необходимые для выполнения заказа [7], [11].

В результате анализа существующего процесса выпуска продукции на предприятии был определен ряд недостатков, требующих улучшения

системы учета производственного процесса. К таким замечаниям можно отнести следующие:

- некорректное распределение обязанностей сотрудника по заполнению отчётной документации;
- недостаточная информативность существующей документации;
- отсутствие автоматизации документооборота учёта производственного процесса компании.

Таким образом, требуется решение, которое позволит выполнять необходимые функции с учетом вышеперечисленных замечаний. Таким решением может стать автоматизированная информационная подсистема учета производственного процесса, которая позволит автоматизировать задачу учета производственного процесса. Данную подсистему необходимо спроектировать, разработать и обосновать ее эффективность для производственного предприятия [1].

Построение информационной модели является достаточно важным этапом проектирования автоматизированной системы, так как представляет собой модель объекта, которая отражает его возможные состояния. Модель может показать, как информация из внешнего мира влияет на процесс, как она обрабатывается и к какому результату приводит [5].

С учетом выявленных недостатков при анализе модели процесса «как есть» необходимо построить модель «как должно быть». Данная модель показывает, как изменится процесс с учетом предложенных изменений.

В данном случае изменения будут следующие: вся поступившая информация будет фиксироваться, храниться и обрабатываться в разработанной автоматизированной системе, а также появится возможность получать различную отчетность и анализировать ее.

На рисунке 5 представлена декомпозиция модели «Как будет» с учетом внесенных предложений по улучшению процесса.

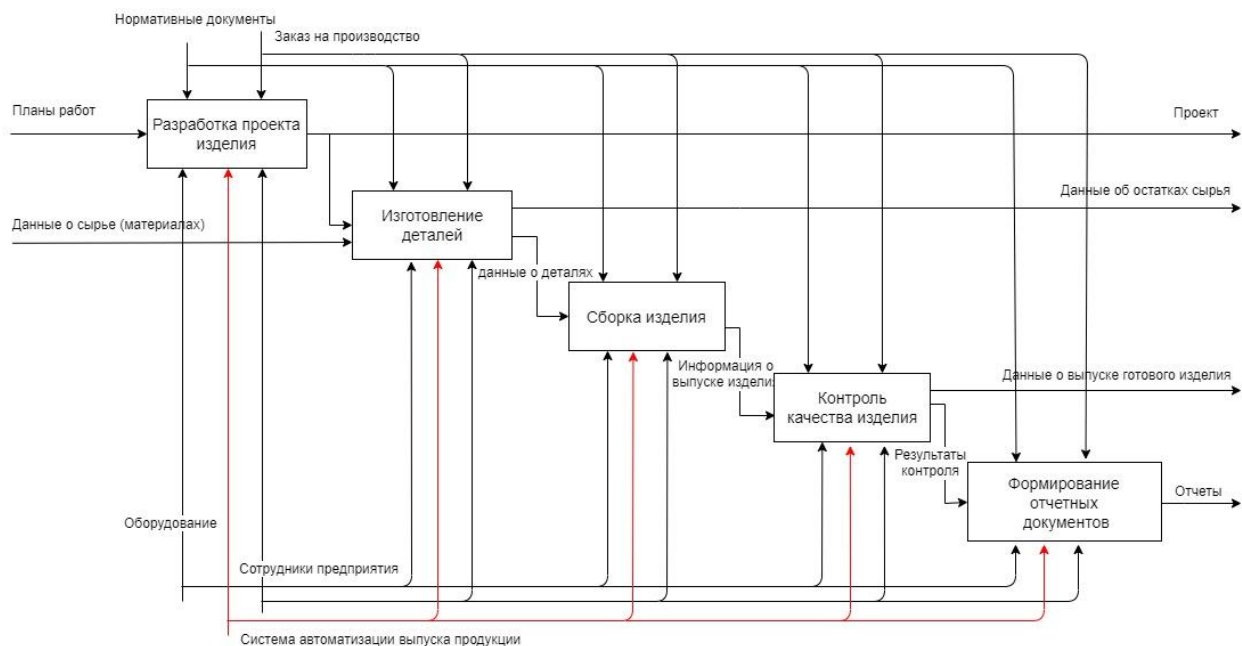


Рисунок 5 – Декомпозиция контекстной диаграммы «Как должно быть»

На диаграмме декомпозиции представлены три функциональных блока, представляющих собой такие подпроцессы, как:

- проектирование,
- изготовление продукта,
- упаковка продукта.

На этапе проектирования выполняется проектирование заказа посредством составления соответствующих чертежей. На вход данного процесса поступает план работ, исполнителями являются АСУ, Сотрудники и Необходимое оборудование. В результате выполнения данного блока будет сформирован проект заказа.

На этапе изготовления продукта на основе проекта выполняется производство деталей, также здесь могут учитываться дополнительные требования заказчика, согласно поставленным материалам. В результате выполнения данного процесса будет получен готовый продукт.

На стадии упаковки продукта осуществляется упаковка деталей по партиям и подготовка к отправке заказчику. Результатом данного

подпроцесса будет упакованная продукция, переданная на соответствующий склад.

На рисунке 6 представлена диаграмма декомпозиции функционального блока «Изготовление изделия».

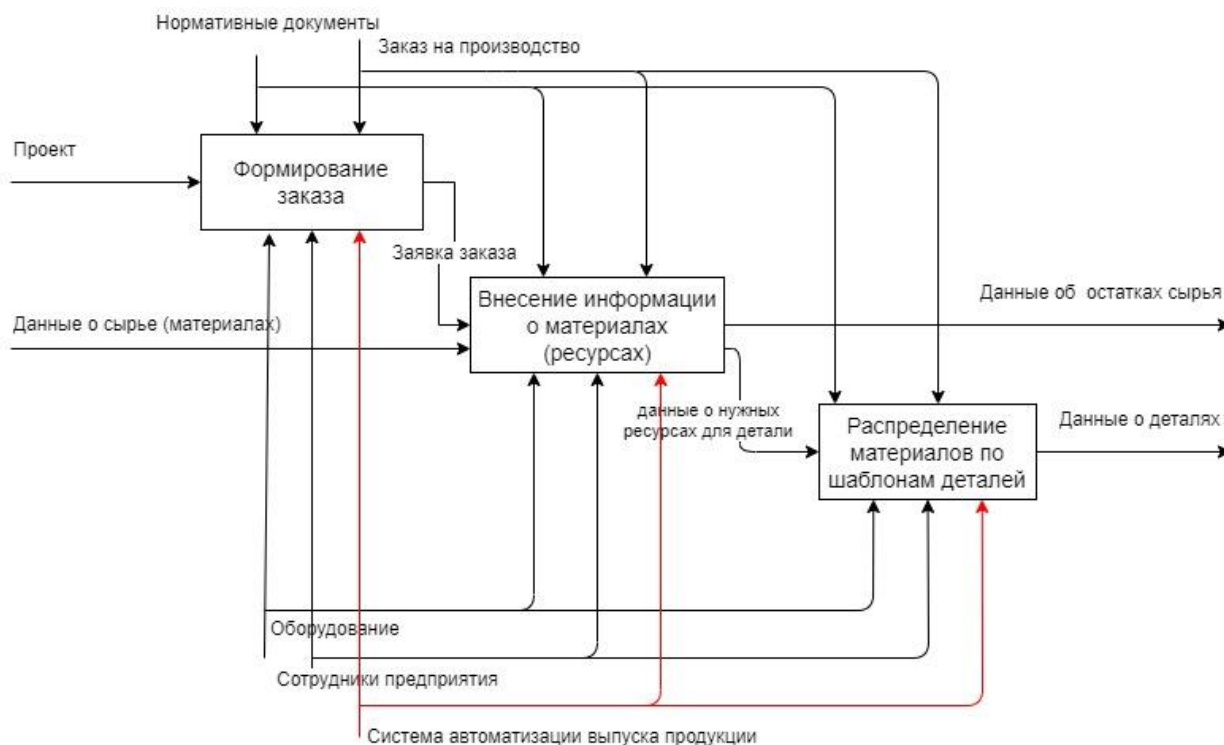


Рисунок 6 – Диаграмма декомпозиции блока «Изготовление изделия»

Декомпозиция (рисунок 6) представлена четырьмя функциональными блоками.

На стадии формирования заказа выполняется заполнение первичных данных о заказе в систему учета на основании проектной документации. В результате чертежи и заказы будут занесены в систему.

На следующем этапе в систему будет занесена дополнительная информация о заказе. В результате будет обновление заказа и сохранена дополнительная информация.

На следующем шаге производится распределение чертежей деталей на материале в соответствии с необходимыми размерами. Итогом данного

подпроцесса будет полученный план партий, который должен содержать как файлы каждой партии отдельно, так и общее количество партий.

На последней стадии обработки информации выполняется подготовка заказа к выполнению. Итоговым результатом должна стать отправка партии заказчику и сформированные необходимые отчеты о заказах.

Исходя из анализа основного бизнес-процесса конкретные требования к содержанию модели были определены следующим образом:

- должна позволять представлять функции (возможности), которые ресурс способен выполнять, и значения параметров, в пределах которых ресурс способен выполнять эти функции;

- должна определять общие возможности, которые могут быть назначены ресурсам, включая их имена и соответствующие параметры возможностей;

- должна обеспечивать процессно-ориентированное определение возможностей, которое позволяет согласовать требования к обработке продукта с возможностями ресурсов (т. е. требования и предложения);

- должна поддерживать объединение возможностей нескольких взаимодействующих ресурсов, т. е. комбинированные возможности;

- должна позволять описание возможностей с самым низким уровнем детализации, на котором происходит реконфигурация. Это позволяет разделить ресурсы и рассматривать системные компоненты как взаимозаменяемые объекты, которые могут быть организованы в самых разных конфигурациях. Это также позволяет принимать решения о реконфигурации на основе модели возможностей (например, отделение описания бура от описания бурового долота);

- должна быть гибкой в том смысле, что она также позволяет описывать возможности с различными уровнями абстракции (детализации);

- должна классифицировать возможности процесса в виде иерархии, позволяющей рассуждать о различных уровнях процессов на основе включения (например, клепка классифицируется как процесс соединения);

– должна учитывать жизненный цикл ресурсов. Следовательно, необходимо иметь отдельное представление для каждого отдельного экземпляра ресурса, в котором можно собирать и обновлять информацию о жизненном цикле.

Требования к продукту и его физическим свойствам предназначены для снижения риска чувствительности продукта к повреждениям, что приводит к более высокому качеству и более низким затратам. Требования с точки зрения процесса сборки подчеркивают использование существующей системы сборки и предназначены для повышения производительности и качества и снижения затрат на сборку. Точно так же требования с точки зрения обработки ресурсов направлены на увеличение использования системы обработки материалов и снижение затрат на их обработку [6].

Следовательно, рекомендуется, чтобы производственная функция проводила четкое различие между необходимыми и желательными требованиями, которые будут положены в основу автоматизации производственного процесса по выпуску продукции на предприятии [8], [18].

На рисунке 7 представлена диаграмма процесса «Изготовление продукции», выполненная в нотации EPC и описывающая последовательность основного процесса производственного предприятия.

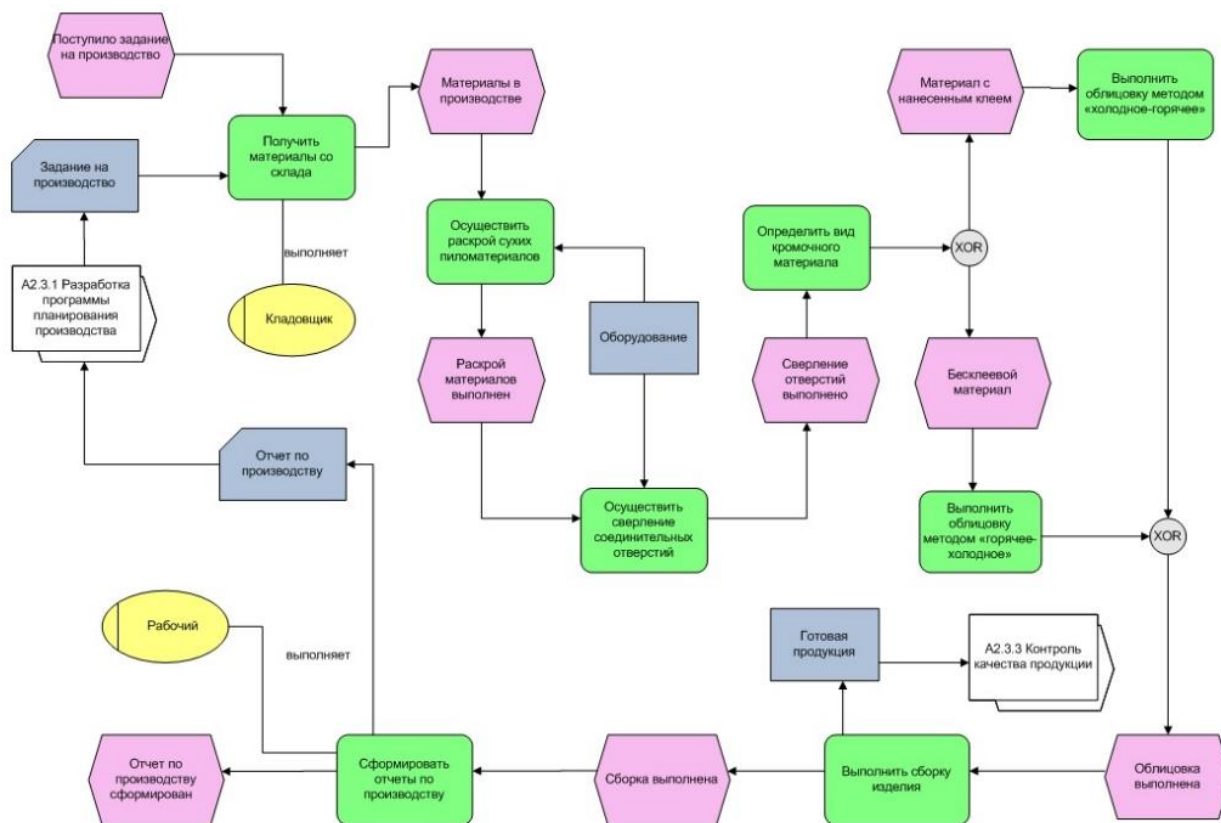


Рисунок 7 – Диаграмма процесса «Изготовление продукции»

На рисунке 8 приведена диаграмма, описывающая процесс составления списка компонентов, требуемых для изготовления изделия. Из диаграммы видно, что подбор компонентов для изделия осуществляется с использованием условия проверки на наличии в базе данных. Кроме того, процесс подразумевает формирование задания на сборку изделия, а также функцию подтверждения заявки на требуемые ресурсы.

При описании основных процессов деятельности производственной компании была выявлена необходимость автоматизации технологических процессов и производств, которая должна осуществляться только комплексно, не в отношении отдельных деталей или элементов, а в отношении всей системы. Кроме того, необходимо максимально грамотно рассчитать те ресурсы, которые уже имеются на предприятии.

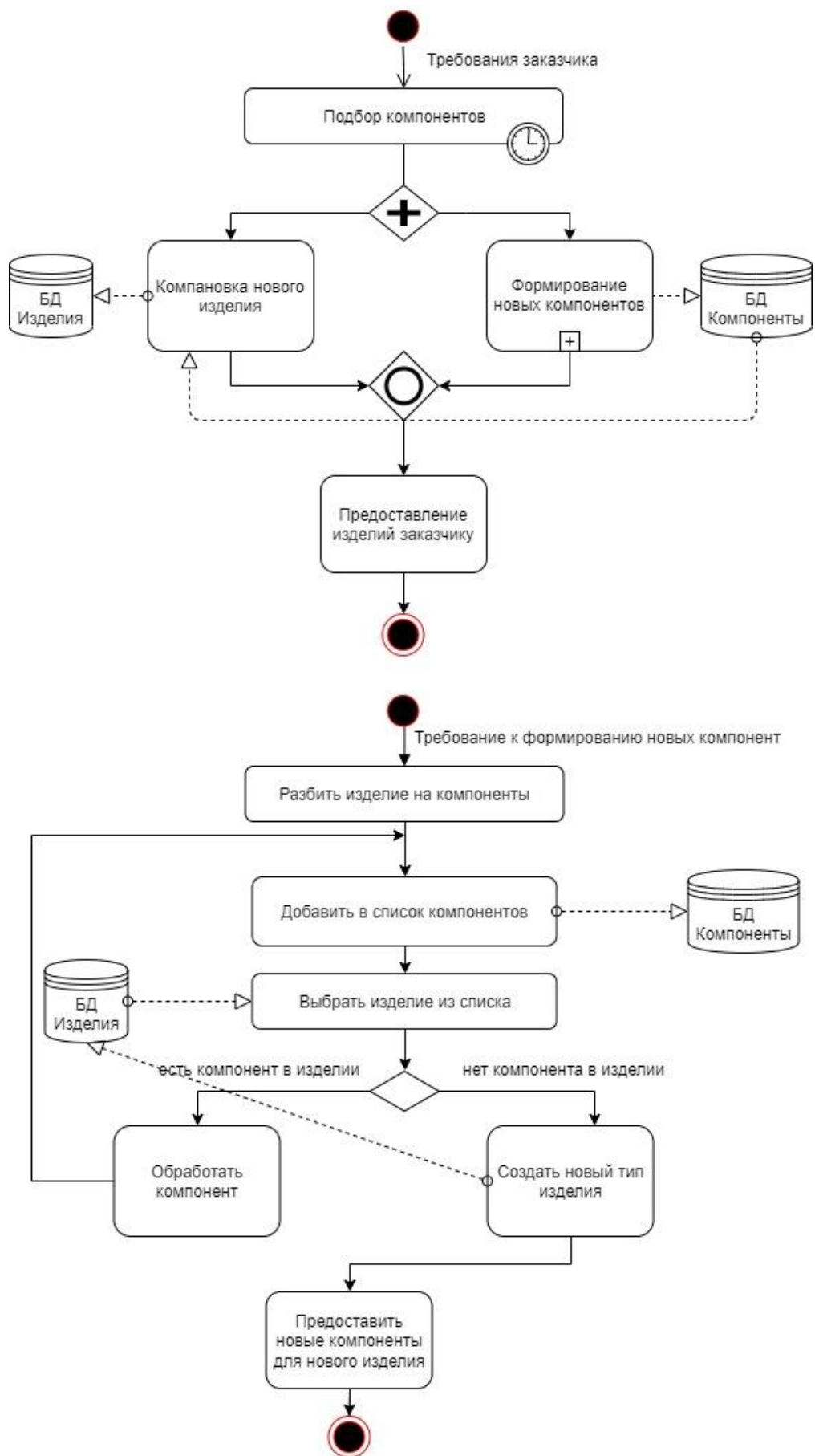


Рисунок 8 – Схема процесса составления списка компонентов

Таким образом, были описаны основные процессы анализа деятельности типовой производственной компании, которые показали необходимость разработки проекта типового автоматизированного решения.

1.3 Анализ существующих разработок и обоснование выбора технологии проектирования

Важность правильной организации инструментального обеспечения предприятия возрастает с увеличением его размеров и существенно влияет на эффективность основного производства. От правильной организации инструментального снабжения во многом зависит успех всего предприятия, качество продукции, ритмичность работы и рентабельность [12].

К основным задачам автоматизированных систем, предназначенных для поддержки производственных процессов, можно отнести:

- своевременное и бесперебойное обеспечение цехов и рабочих мест основного производства качественным технологическим оборудованием и инструментом (режущий, измерительный, вспомогательный инструмент);
- повышение качества оборудования и организация его рациональной эксплуатации;
- снижение затрат на производство, закупку, хранение и эксплуатацию оборудования;
- организация сборки изделия и восстановления инструмента.

Для решения всех задач, связанных с контролем и управлением инструментальным обеспечением предприятия, требуется автоматизированная система [13], [23]. Среди наиболее распространенных систем стоит рассмотреть следующие.

Система «1С: Управление производственным предприятием 8» (1С:УПП) является комплексным прикладным решением, охватывающим основные контуры управления и учета на производственном предприятии. Решение позволяет организовать комплексную информационную систему,

соответствующую корпоративным, российским и международным стандартам и обеспечивающую финансово-хозяйственную деятельность предприятия [10, 20]. Из основных особенностей рассматриваемой системы стоит отметить следующие: независимость данных управленческого, бухгалтерского и налогового учета; сопоставимость данных управленческого, бухгалтерского и налогового учета; совпадение суммовых и количественных оценок активов и обязательств по данным управленческого, бухгалтерского и налогового учета, при отсутствии объективных причин их расхождения [10].

Система «Галактика ERP» – это гибкий и современный инструмент для решения текущих и стратегических управленческих задач современного предприятия в условиях цифровой экономики [10, 21, 22]. Интегрированная система управления предприятием «Галактика ERP» обладает широкими функциональными возможностями, отличными интеграционными свойствами и создана с учетом национальной специфики, лучшего бизнес-опыта и передовых методик управления.

К основным преимуществам системы «Галактика ERP» стоит отнести:

- универсальность использования на разнообразных предприятиях;
- система позволяет планировать затраты на производство и хозяйственные нужды, вести их фактический учет;
- система дает возможность контролировать рентабельность как предприятия в целом, так и по отдельным заказам, группам товаров, направлениям деятельности;
- поддержка принятия управленческих решений;
- автоматизация процессов управления производством как с изменением бизнес-процессов на предприятии, так и при сохранении существующих бизнес-процессов.

Таким образом, вопросы поддержки производственного процесса на данный момент либо не полностью автоматизированы, имеют высокую стоимость, либо не учитывают специфику конкретного предприятия.

Поэтому необходимо разработать автоматизированную систему поддержки производственного процесса, которая должна соответствовать предъявленным требованиям.

Отличия проекта автоматизированной системы от готового программного продукта:

- удобство и простота использования;
- интуитивно понятный интерфейс;
- отсутствие сложной установки и настройки;
- учет специфики организации и максимальное удовлетворение ее needs;
- возможность модернизации системы и ее развитие;
- быстрое освоение разработанной системы персоналом.

Проектируемая модель автоматизированного решения по выпуску продукции на предприятии будет являться примером универсального решения. Таким образом, были определены основные требования к реализации модели автоматизированного решения учета производственных процессов по выпуску продукции на предприятии.

Выводы по главе 1

На основании проведённого анализа были выделены слабые стороны существующей системы учёта производственного процесса:

- некорректное распределение обязанностей сотрудника по заполнению отчётной документации;
- недостаточная информативность существующей документации;
- отсутствие автоматизации документооборота учёта производственного процесса.

Основываясь на перечисленных проблемах, была сформирована задача автоматизации учёта производственного процесса путём проектирования, разработки и оценки эффективности использования автоматизированной информационной подсистемы учёта производственного процесса.

Глава 2 Проектирование автоматизированного решения по учету выпуска продукции на предприятии

2.1 Концептуальное проектирование производственного процесса организации

Автоматизированные производственные системы работают на заводе с физическим продуктом. Они выполняют такие операции, как обработка, сборка, проверка или обработка материалов, в некоторых случаях выполняя более одной из этих операций в одной и той же системе. Они называются автоматизированными, потому что выполняют свои функции, операции с уменьшенным уровнем участия человека по сравнению с соответствующим ручным процессом [25].

Таким образом, производственный процесс представляет собой ряд стадий, которые должны пройти при производстве товаров или услуг.

На рисунке 9 дано концептуальное описание того, как характеристики продукта, ресурса и производственные процессы связаны друг с другом. Для большей простоты и удобочитаемости здесь показаны только наиболее используемые отношения [26].

В данном контексте термин «устройство» используется для обозначения того, что работа сосредоточена только на ресурсах машин и инструментов, а не на других типах ресурсов, таких как люди-операторы или сырье.

Модель продукта используется для моделирования характеристик продукта и производственных требований. Модель производственных процессов определяет имена производственных процессов, параметры и отношения между простыми и комбинированными производственными процессами. Модель ресурсов определяет ресурсы и системы, состоящие из ресурсов [22].

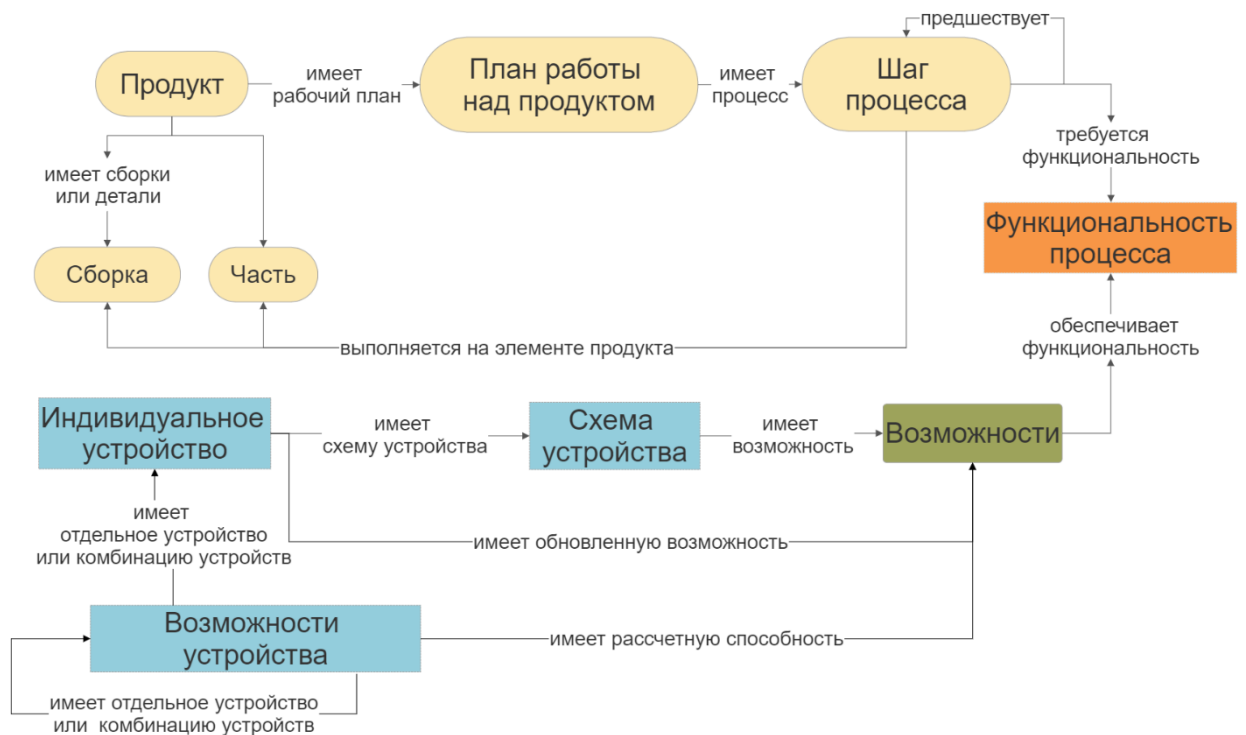


Рисунок 9 – Концептуальная модель отношений между требованиями к продукту, ресурсами и возможностями

Основные понятия модели производственных процессов представлены на рисунке 10. Производственные процессы описываются именем и параметрами.

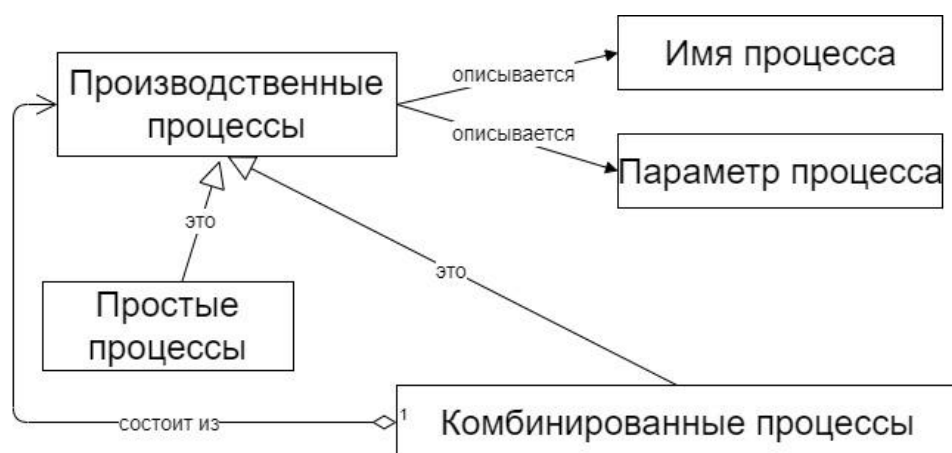


Рисунок 10 – Концепции модели процессов

Имя производственного процесса указывает естественное имя возможности, например, «Перемещение», «Сверление», «Винчивание» и «Захват». Параметры производственных процессов описывают характеристики производственных процессов, например, производственный процесс «Движение» характеризуется параметрами «скорость» и «ускорение», среди прочего. Параметры производственных процессов помогают различать разные ресурсы со схожими производственными процессами. Другими словами, имя производственного процесса указывает на операционную функциональность ресурса, тогда как параметры производственного процесса определяют диапазон и ограничения этой функциональности.

Рисунок 11 иллюстрирует важные концепции модели ресурсов.

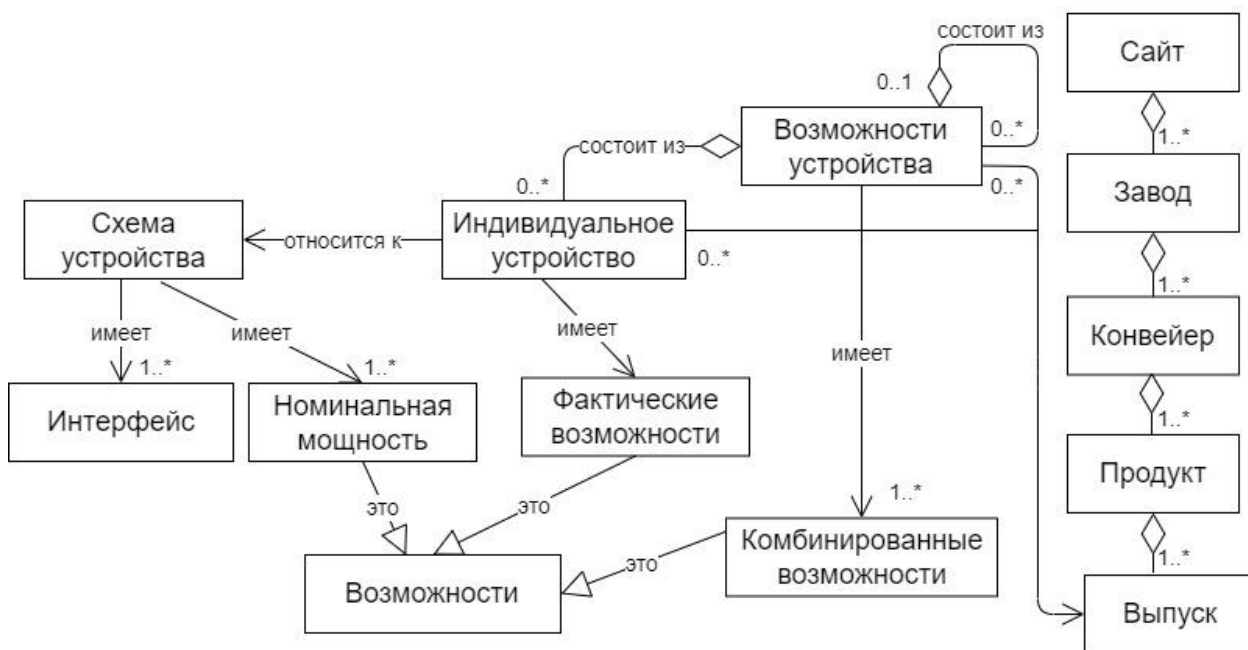


Рисунок 11 – Концептуальные отношения между производственными процессами и ресурсами

Схема устройства описывает производственные процессы, интерфейсы и свойства модели устройства. Отдельные устройства представлены как отдельная концепция, которая, ссылаясь на схему устройства, представляет

фактические возможности конкретного отдельного ресурса на предприятии. Отдельные устройства имеют реальные производственные процессы, на которые влияет жизненный цикл каждого отдельного устройства и которые обновляются в соответствии с измеренными значениями на предприятии. Например, если измеренная точность машины отличается от значения, определенного в номинальной производительности (например, из-за износа), это обновленное значение может быть указано в определении фактической производительности. На основе определенных отношений между производственными процессами в модели производственных процессов можно идентифицировать комбинации ресурсов, вносящие вклад в определенный производственный процесс на уровне понятия. Чтобы вычислить значения параметров для производственных процессов необходимы правила. Такие правила используются, например, для автоматического расчета параметра «полезная нагрузка» производственного процесса «Транспортировка». «Транспортировка» — это комбинированная способность, принадлежащая ресурсам или комбинациям ресурсов, которые могут транспортировать предметы из одного места в другое.

На рисунке 12 представлена диаграмма состояний производственного процесса.

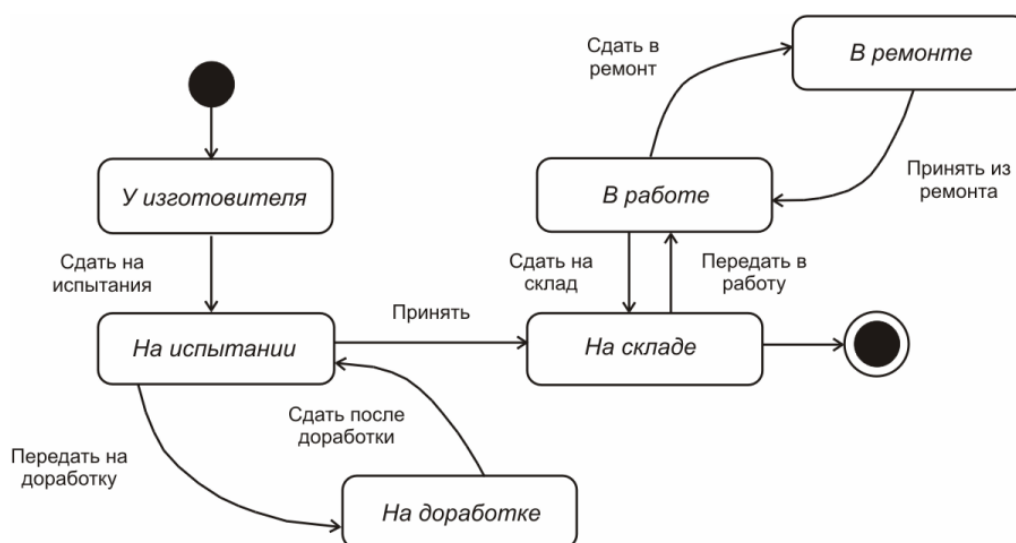


Рисунок 12 – Диаграмма состояний производственного процесса

На рисунке 13 представлен пример диаграммы деятельности анализа детали на технологичность. После принятия модели детали необходима проверка ее на технологичность.

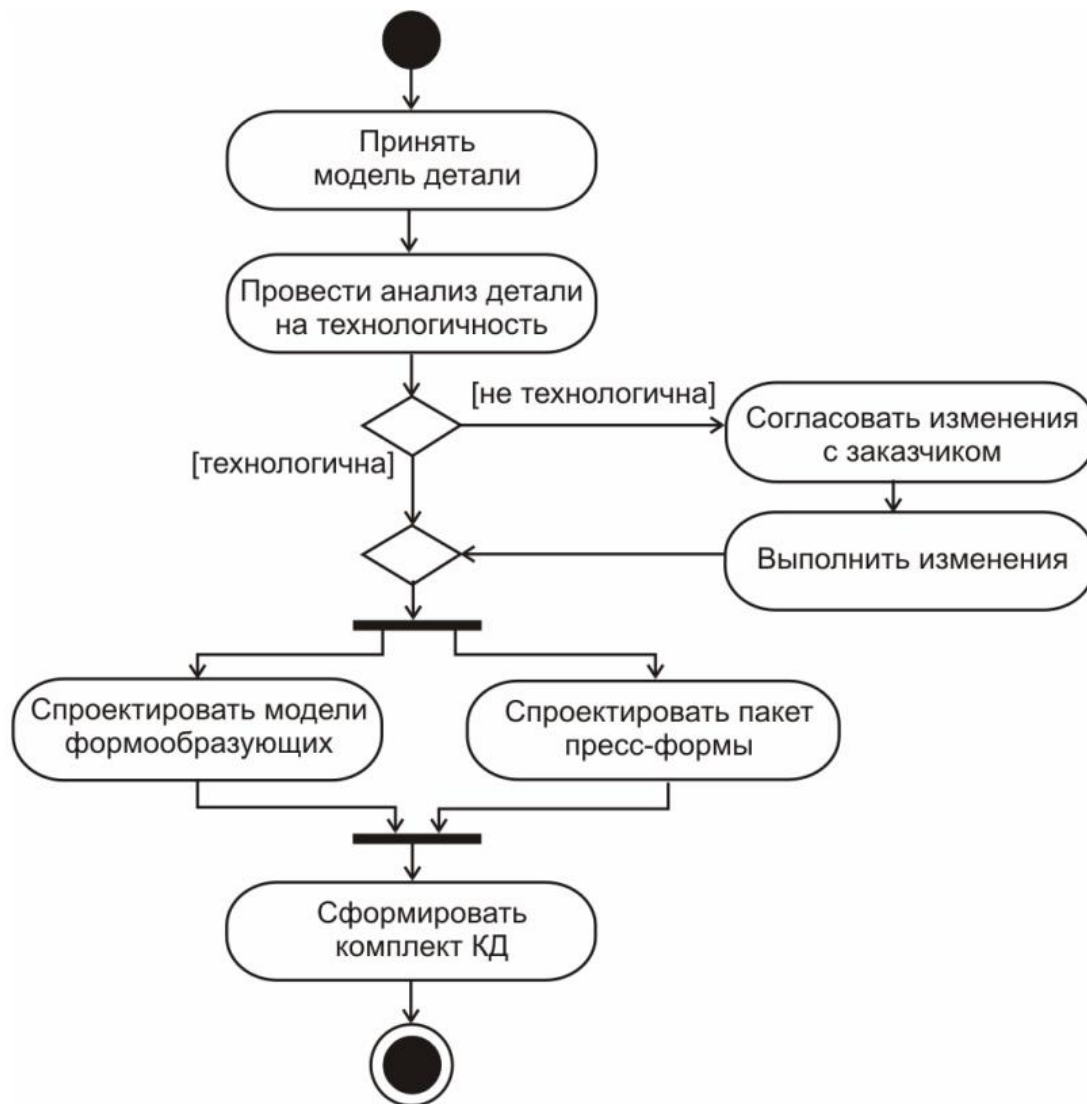


Рисунок 13 – Пример диаграммы деятельности

На рисунке 14 показана диаграмма классов рабочего процесса. Помимо списка задач определение рабочего процесса содержит список переходов между задачами. Тип перехода рассматривается как перечисление, поэтому добавление новых типов в будущем не приведет к резкому увеличению числа подклассов перехода.

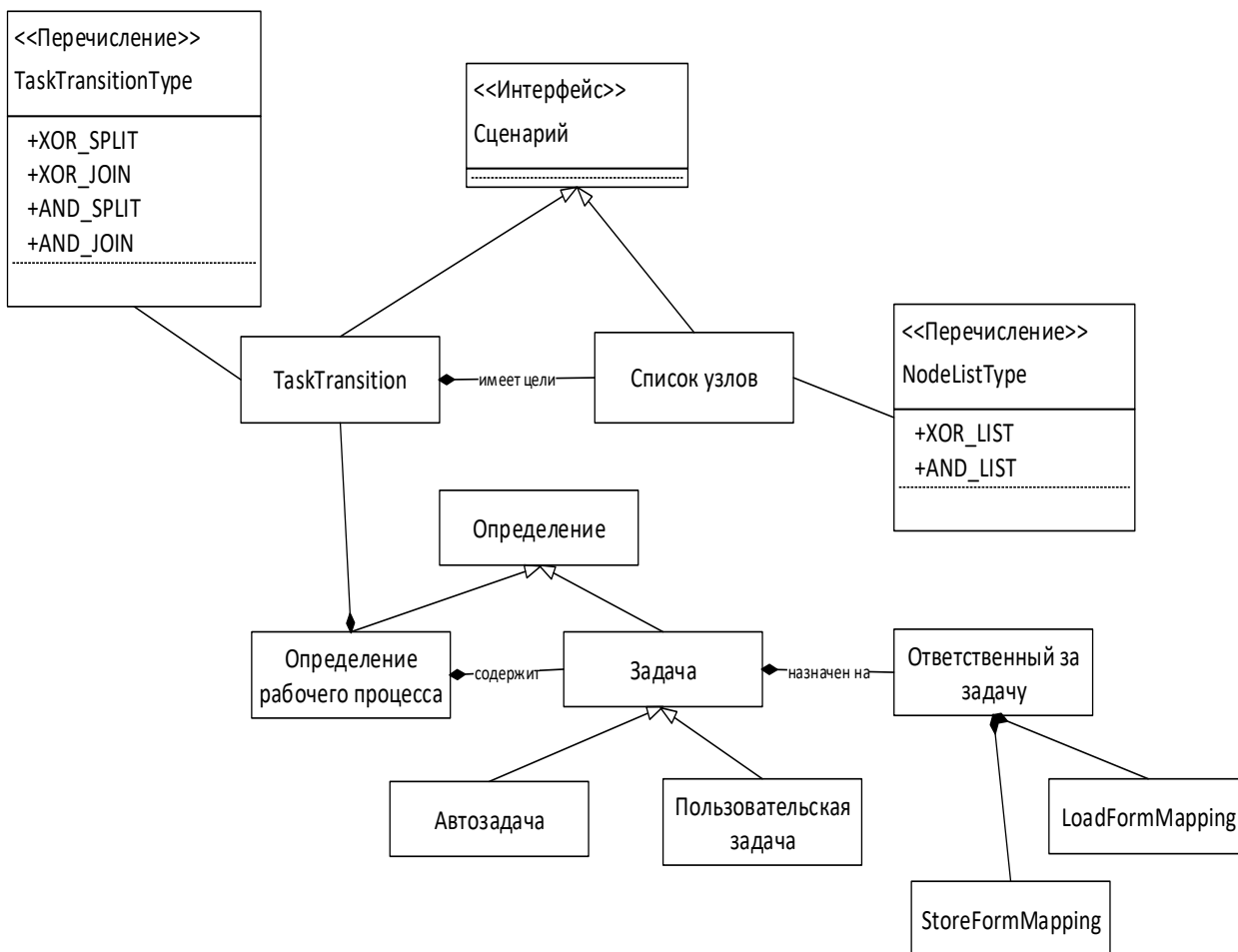


Рисунок 14 – Диаграмма классов рабочих процессов

Как видно из диаграммы, выделены конкретные узлы, ответственные и списки задач, что позволяет однозначно программным решением определить последовательность действий по автоматизации производственных процессов.

На рисунке 15 показан фрагмент диаграммы классов, демонстрирующий отношение обобщения в понятии конструкторского документа. Из диаграммы видно, что на основе конструкторского документа, представляющего более общее понятие, формируются более специализированные классы «Модель», «Чертеж», «Извещение», которые представляют специфику данных документов.

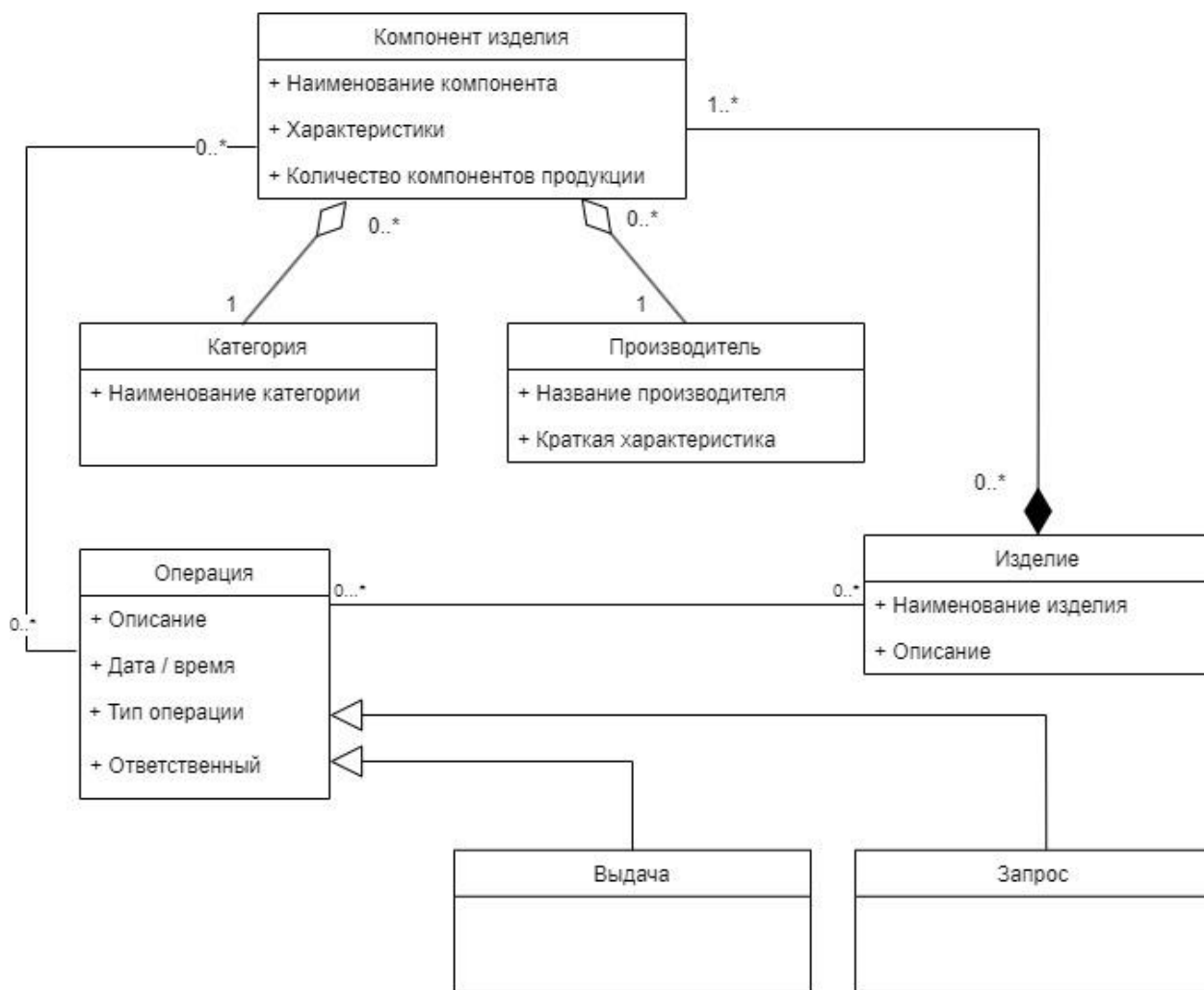


Рисунок 15 – Фрагмент диаграммы классов

На диаграмме (рисунок 16) изображается участок сборки изделий. Он представлен компонентами «USI.exe», «Детали», «Сырье», «Материалы» и «Поставщик». Компонент «USI.exe» моделирует исполняемую программу. Остальные компоненты отвечают за реализацию объектов, которые в дальнейшем будут использоваться в разработке автоматизированного решения.

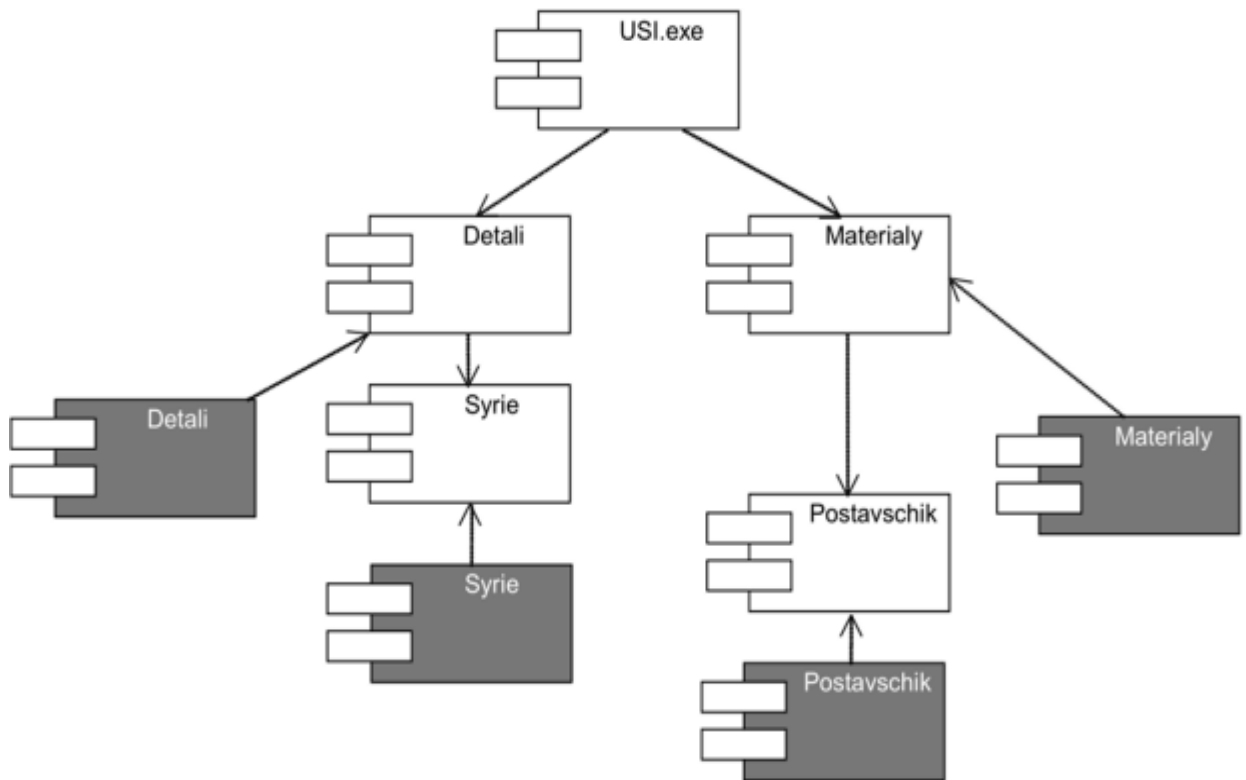


Рисунок 16 – Диаграмма компонентов: Участок сборки изделий

На рисунке 17 приведена диаграмма деятельности, которая показывает общую последовательность операций при поступлении нового заказа на изготовление изделий. В данном случае, в работе участвуют три основные единицы: сборочный цех, автоматизированное решение, и отдел закупок.

Общий алгоритм показывает, что практически все операции могут быть осуществлены в автоматизированном режиме: при этом идет параллельная работа со справочниками, позволяющими идентифицировать комплектующие и готовые изделия. И только после прохождения процедуры поиска всех требуемых ресурсов осуществляется переход к изготовлению требуемой продукции.

Проверка комплектующих позволяет либо сразу перейти к выполнению заказа, либо обратиться в отдел закупок, а затем начать выполнять заявку. Процесс «операции» позволяет сохранять текущую информацию о промежуточных результатах по обработке заявки.

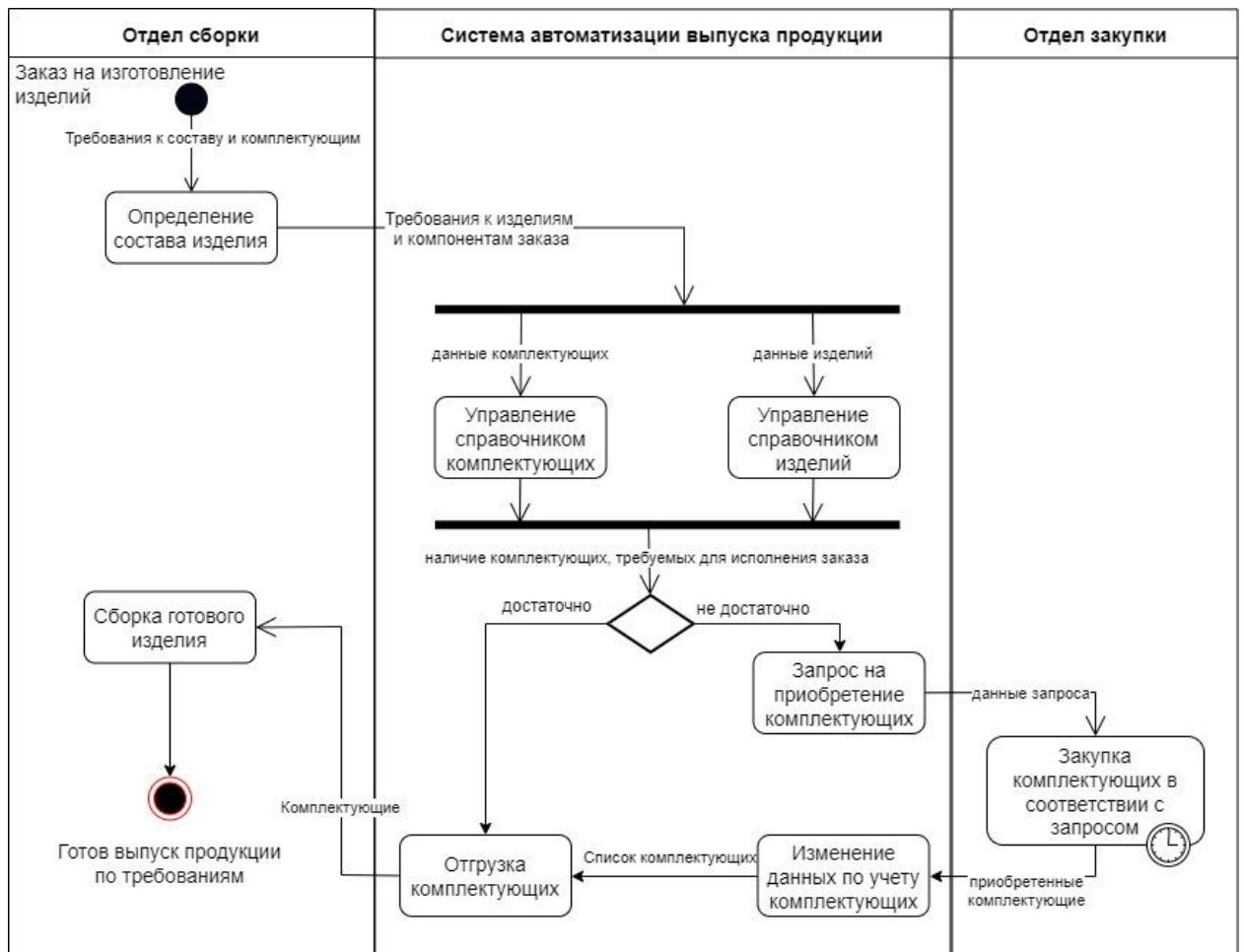


Рисунок 17 – Общий алгоритм работы автоматизированного решения

На рисунке 18 приведена диаграмма деятельности, которая показывает, как осуществляется оформление запроса на закупку комплектующих у поставщиков.

Можно видеть, что здесь предусмотрена циклическая операция, показывающая процесс разбиения любого продукта на его комплектующие, потребность в наличии которых осуществляется также программным путем. Причем происходит расчет как данных о готовом изделии, так и о тех недостающих элементах, без которых невозможно запустить производственный процесс.

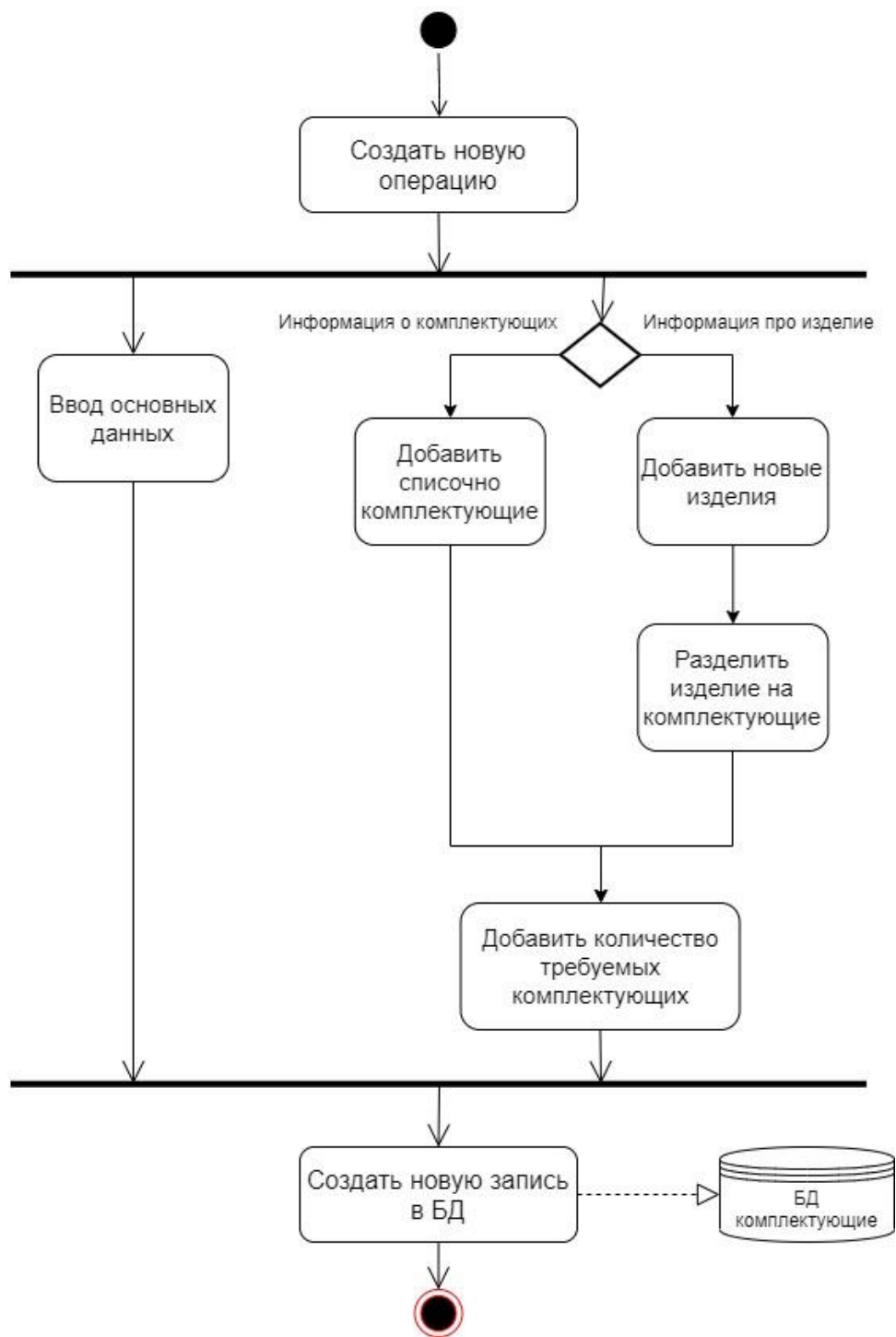


Рисунок 18 – Действия при создании запроса на закупку комплектующих

Таким образом, описаны основные процессы, демонстрирующие взаимодействие между ресурсами, продуктом и производственным процессом.

2.2 Логическое и физическое моделирование системы производственного процесса

Для логического моделирования системы мониторинга сети был выбран унифицированный язык моделирования (UML). UML — это стандартная графическая символизация для объяснения дизайна реализованного программного обеспечения или системы.

Как правило, UML включает пять диаграмм и спецификаций, чтобы осуществить некоторое знакомство с предлагаемой системой для каждой функции [16].

Первым шагом в UML построим диаграмму вариантов использования, которая представляет собой графическое представление основных функций предлагаемой системы (рисунок 19).

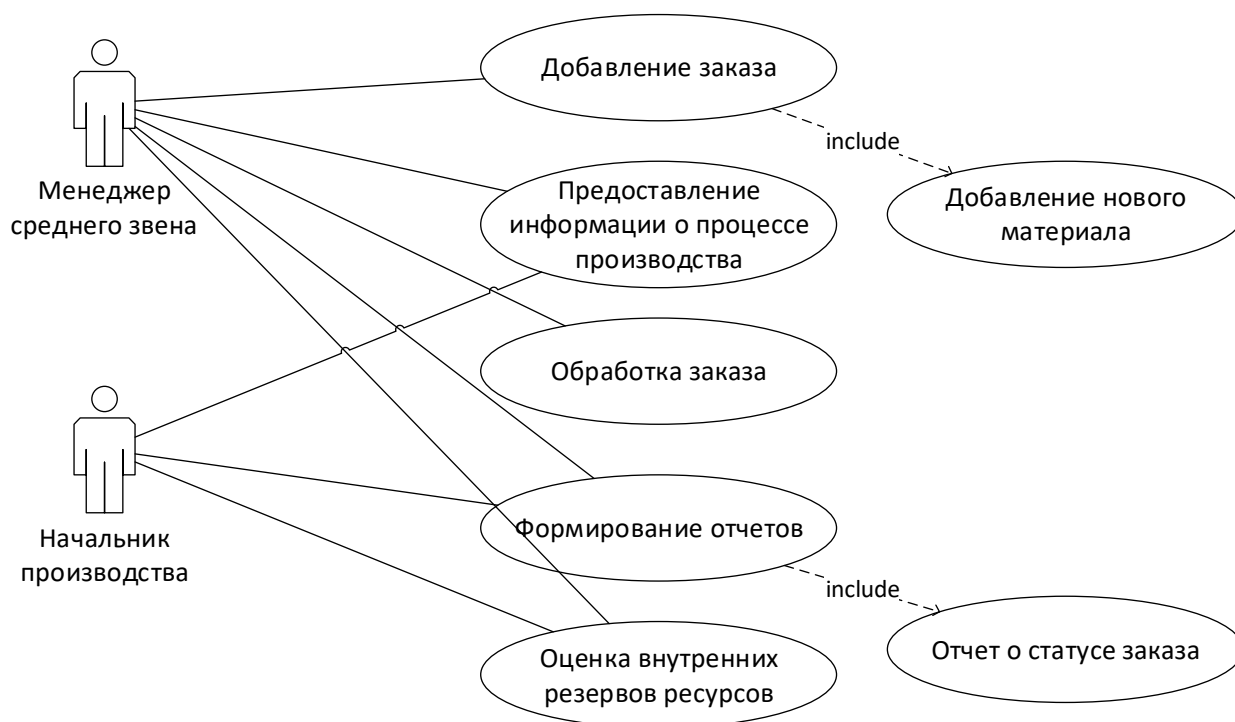


Рисунок 19 – Диаграмма вариантов использования

Для описания того, как будет храниться информация о ресурсах, продукте и производственных процессах, осуществляется моделирование

данных как процесс построения диаграмм потоков данных. Диаграмма показывает, как данные будут поступать в базу данных и выходить из нее.

Логическая модель данных (рисунок 20) используется для определения характеристик форматов данных, структур и функций обработки базы данных для эффективной поддержки требований к потоку данных. После того, как база данных построена и развернута, модель данных служит обоснованием того, почему существует база данных и как были спроектированы потоки данных.

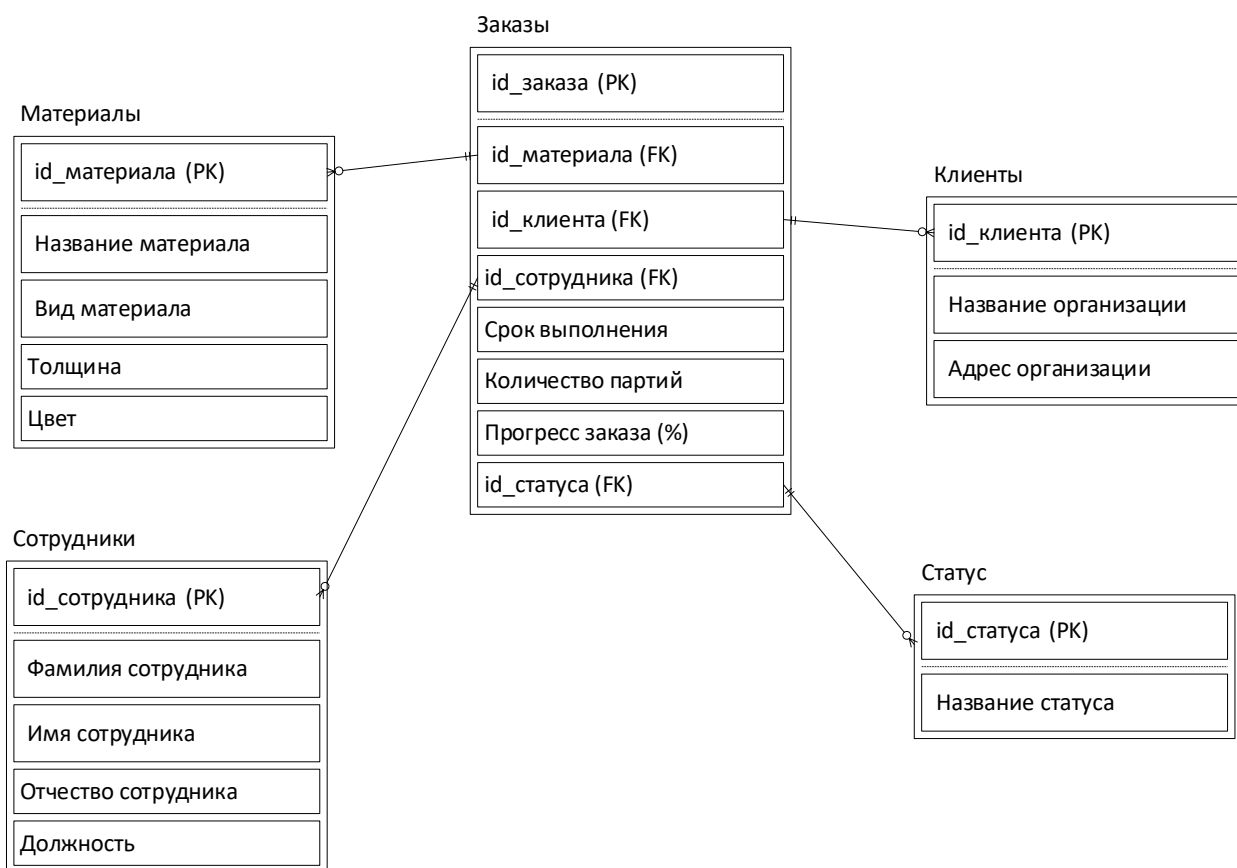


Рисунок 20 – Логическая модель данных

Физическая модель данных (рисунок 21) создается на основе логической модели данных для конкретной системы управления реляционными базами данных, при этом учитываются все особенности технологии.

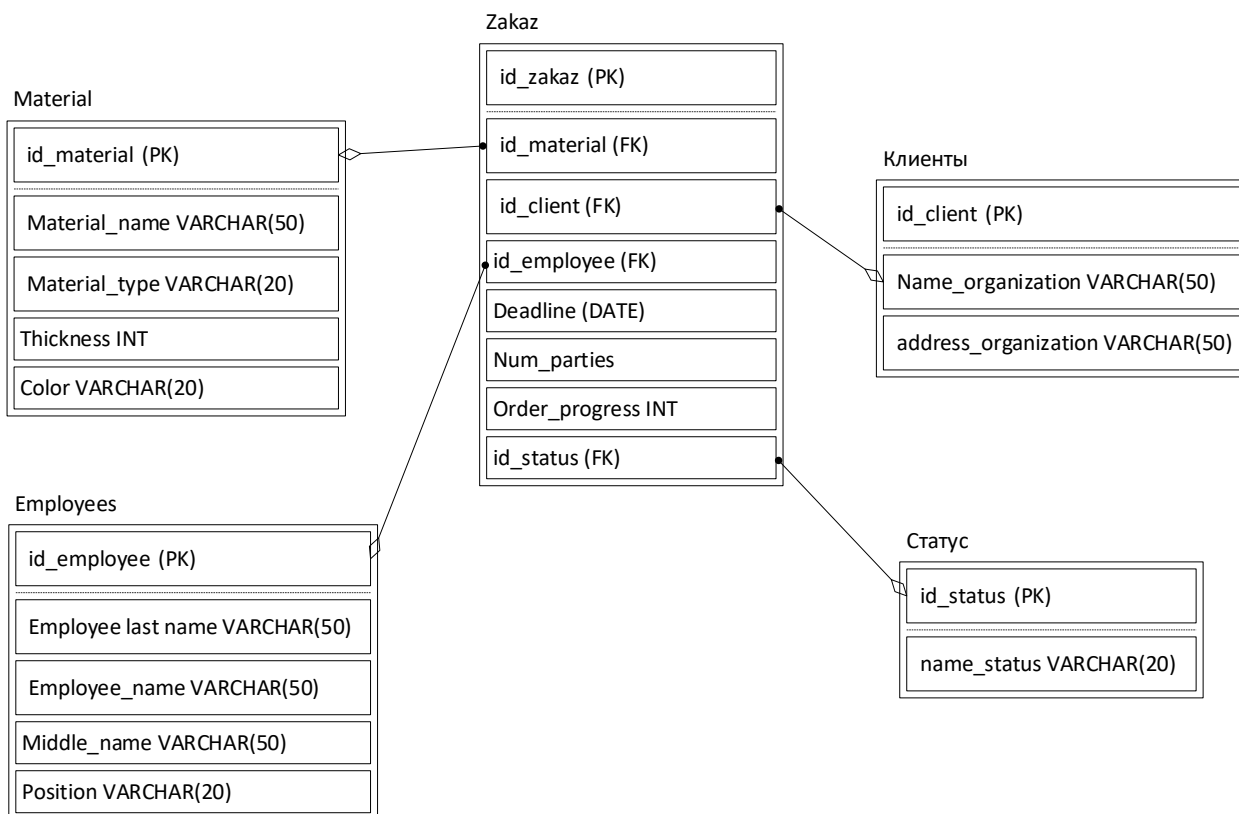


Рисунок 21 – Физическая модель базы данных

В таблице 1 представлено описание сущностей модели базы данных.

Таблица 1 – Описание модели базы данных

Сущность	Атрибут	Тип поля
Заказы	id заказа	Smallint
	id материала	Smallint
	id клиента	Smallint
	id сотрудника	Smallint
Заказы	Срок выполнения	Timestamp
	Количество партий	Smallint
	Всего партий	Smallint
	Прогресс заказа	Numeric
	id статуса	Smallint

Продолжение таблицы 1

Сущность	Атрибут	Тип поля
Клиенты	id клиента	Smallint
	Название организации	Varchar(20)
	Адрес организации	Varchar(20)
Материалы	id материала	Smallint
	Название материала	Smallint
	Вид материала	Smallint
	Толщина	Smallint
	Цвет	Smallint
Сотрудники	id сотрудника	Smallint
	Фамилия сотрудника	Varchar(15)
	Имя сотрудника	Varchar(15)
	Отчество сотрудника	Varchar(15)
	Должность	Varchar(20)
Статус	id статуса	Smallint
	Название статуса	Varchar(10)

Реализованная база данных будет интегрирована в автоматизированную информационную подсистему учёта производственного процесса.

Выводы по главе 2

Были описаны концептуальная и логические модели проектируемой системы автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии, которые позволили определить дальнейший процесс ее реализации.

Глава 3 Реализация и расчет экономической эффективности автоматизации выпуска продукции на производстве

3.1 Реализация системы учета производственных процессов выпуска продукции на предприятии

Для реализации проектируемой системы была выбрана клиент-сервер. Архитектура клиент-серверной базы данных — это модель распределенной обработки данных. База данных работает на сервере и подключается к удаленным приложениям через Интернет или внутреннюю локальную сеть. Экземпляр SQL-сервер развернут как сервер. Он отвечает на запросы данных и возвращает набор результатов [2].

Запросы данных инициируются клиентскими приложениями с помощью команд SQL. Клиентские приложения отображают результирующие данные, возвращенные сервером.

Обработка данных разделена на отдельные части. Частью является либо запрашивающая сторона (клиент), либо поставщик (сервер). Клиент отправляет во время обработки данных один или несколько запросов к серверам для выполнения заданных задач. Серверная часть обслуживает клиентов.

Требования, необходимые для приложения, были заданы заказчиком, а в процессе создания приложения все доработки, которые были обязательными, также были указаны заказчиком.

Процесс автоматизации учета производственного процесса состоит из нескольких этапов:

– разработка формы для работы с заказами, которая должна включать такие функции, как ввод информации, редактирование, удаление, фильтрацию, сортировка по определенному критерию, а также возможность осуществлять поиск необходимой информации;

- разработка формы для внесения информации по материалам, с возможностью ввода информации, редактирования и удаления;
- разработка формы для работы с клиентами, которая должна включать такие функции, как ввод информации, редактирование, удаление, а также возможность осуществлять сортировку и поиск необходимой информации;
- разработка форм для формирования отчетности.

Система учета производственного процесса будет работать в диалоговом режиме, предоставляя пользователю возможность взаимодействовать с системой во время работы [19].

Интерфейс пользователя представлен в виде меню. Главное меню позволяет управлять работой программы, предоставляя список необходимых команд. Результатирующими документами являются сформированные отчеты.

Для удобства работы с системой организован пользовательский интерфейс. Ввод данных осуществляется с помощью соответствующих форм. Дополнительно имеются справочники для хранения условно-постоянной информации. К условно-постоянной информации в данном случае относится:

- список товаров, включая вид и характеристику товара;
- список производителей;
- список складов для хранения товаров;
- списки клиентов и поставщиков.

Такая условно-постоянная, а также оперативная информация может поступать с разной периодичностью из таких источников, как сведения о поставщиках, информация о товарах и услугах, заказы клиентов и т.п.

Также в базу данных вносится первичная информация, которая может поступать как из устных источников, так и из различных документов.

Результатирующая информация формируется в форме таблиц путем запросов к соответствующим объектам, хранящим необходимые оперативные и условно-постоянные данные.

На рисунке 22 представлен фрагмент программного кода, описывающий процесс создания таблиц БД.

```

CREATE GENERATOR GEN_T_ORDER_ID;

CREATE TABLE T_ORDER (
    NOM_O D_NOM NOT NULL /* D_NOM = SMALLINT NOT NULL */,
    NOM_K D_NOM /* D_NOM = SMALLINT NOT NULL */,
    NOM_M D_NOM /* D_NOM = SMALLINT NOT NULL */,
    FOT_O D_PART /* D_PART = SMALLINT */,
    DAT_O D_DATE /* D_DATE = TIMESTAMP */,
    NOW_O D_PART /* D_PART = SMALLINT */,
    ALL_O D_PART /* D_PART = SMALLINT */,
    PRS_O D_PR /* D_PR = NUMERIC(5,0) */,
    NOM_S D_NOM /* D_NOM = SMALLINT NOT NULL */
);

ALTER TABLE T_ORDER ADD CONSTRAINT PK_T_ORDER PRIMARY KEY (NOM_O);

ALTER TABLE T_ORDER ADD CONSTRAINT FK_T_ORDER_1 FOREIGN KEY (NOM_K) REFERENCES
T_KLIENT (NOM_K);
ALTER TABLE T_ORDER ADD CONSTRAINT FK_T_ORDER_2 FOREIGN KEY (NOM_M) REFERENCES
T_MATERIAL (NOM_M);
ALTER TABLE T_ORDER ADD CONSTRAINT FK_T_ORDER_3 FOREIGN KEY (NOM_S) REFERENCES
T_STATUS (NOM_S);

```

Рисунок 22 – Фрагмент программного кода создания таблиц БД

На рисунке 23 представлен программный код представления информации о заказе в виде SQL-запроса к базе данных.

```

1 SELECT NOM_O AS "Номер заказа", NAM_K AS "Заказчик",
2 100*now_o/all_o AS "Прогресс (%)", NAM_S AS "Статус"
3 FROM T_ORDER, T_KLIENT, T_STATUS
4 WHERE t_order.nom_k=t_klient.nom_k AND t_order.nom_s=t_status.nom_s;

```

Рисунок 23 – SQL-запрос представления в документе «Прогресс заказа»

На рисунке 24 представлена форма, позволяющая просмотреть всю необходимую информацию о заказе, в т. ч. процент выполнения на текущий момент времени и статус заказа. Также в сведениях о заказе отражена информация об организации, являющейся заказчиком. Данная информация необходима для отслеживания производственного процесса и формирования документа «Прогресс заказа».

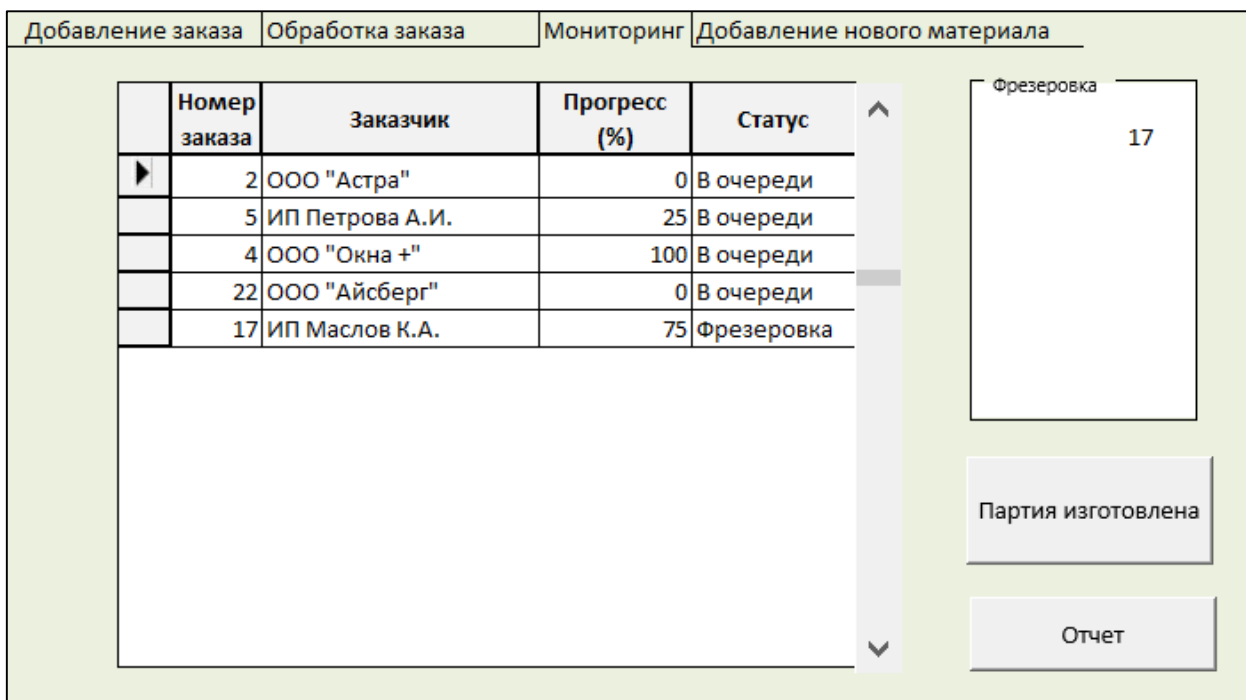


Рисунок 24 – Работа представления в документе «Прогресс заказа»

При необходимости всю хранящуюся в базе данных информацию можно редактировать, обрабатывать, удалять. Также можно добавлять необходимую новую информацию.

На форме Материал существует возможность регистрации материала, доступного для производственного процесса.

Таблица, представленная на форме (рисунок 24), содержит такую информацию о материале, как вид материала, толщина и цвет. Номер материала представляет уникальный идентификатор. На данной форме существует возможность добавления нового материала, для этого предназначена специальная панель в нижней части окна. Перед добавлением нового материала форму нужно очистить, нажав соответствующую кнопку «Очистить форму» на панели.

При необходимости ненужную позицию можно удалить, для этого нужно ввести номер материала в соответствующее поле ввода и нажать кнопку «Удалить».

На рисунке 25 представлена форма для работы с материалами.

Добавление заказа		Обработка заказа		Мониторинг		Добавление нового материала													
	№ материала	Вид материала	Цвет	Толщина (мм)	Удаление материала № материала <input type="text" value="45"/>														
▶	412	МДФ	Бесцветный	3,5	<input type="button" value="Удалить"/>														
	254	Алюминий	Бесцветный	3,5															
	145	Алюмкомпозит	1025 Оранже	3															
	236	Оргстекло	Бесцветный	4															
	250	Алюмкомпозит	1008 Коричне	4,5															
Добавление материала <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Номер материала</td> <td><input type="text" value="458"/></td> <td><input type="button" value="Добавить новый цвет"/></td> </tr> <tr> <td>Вид</td> <td><input type="text" value="Пластик"/></td> <td><input type="button" value="Добавить материал"/></td> </tr> <tr> <td>Цвет</td> <td><input type="text" value="1015 Серый"/></td> <td><input type="button" value="Очистить форму"/></td> </tr> <tr> <td>Толщина</td> <td><input type="text" value="4"/></td> <td></td> </tr> </table>								Номер материала	<input type="text" value="458"/>	<input type="button" value="Добавить новый цвет"/>	Вид	<input type="text" value="Пластик"/>	<input type="button" value="Добавить материал"/>	Цвет	<input type="text" value="1015 Серый"/>	<input type="button" value="Очистить форму"/>	Толщина	<input type="text" value="4"/>	
Номер материала	<input type="text" value="458"/>	<input type="button" value="Добавить новый цвет"/>																	
Вид	<input type="text" value="Пластик"/>	<input type="button" value="Добавить материал"/>																	
Цвет	<input type="text" value="1015 Серый"/>	<input type="button" value="Очистить форму"/>																	
Толщина	<input type="text" value="4"/>																		

Рисунок 25 – Экранная форма для работы со списком документов «Материал»

Предложенная автоматизированная система учета производственного процесса предоставляет возможность формирования отчетных документов по результатам деятельности.

Отчеты являются результирующими документами и позволяют отслеживать информацию как о выполненных заказах, так и находящихся в очереди или на стадии выполнения, а также заказах, зарегистрированных в системе. На основе представленного отчета можно провести анализ соответствующего производственного процесса, проанализировав полученные данные.

На рисунке 26 представлен пример отчета по выполненным заказам. Данный отчет в наглядной форме представляет информацию о стадии выполнения заказов на текущий период.

Статус заказов			
Номер заказа	Заказчик	Прогресс (%)	Статус
2	ООО "Астра"	0	В очереди
5	ИП Петрова А.И.	25	В очереди
4	ООО "Окна +"	100	В очереди
22	ООО "Айсберг"	0	В очереди
17	ИП Маслов К.А.	75	Фрезеровка

Рисунок 26 – Сформированный отчет по статусу заказов

Отчеты, формируемые предложенной автоматизированной системой, доступны как для просмотра, так и вывода на печать при необходимости.

Таким образом, в выпускной квалификационной работе был смоделирован и реализован программный модуль, позволяющий автоматизировать учет процесса производства продукции на предприятии.

3.2 Расчет показателей экономической эффективности работы

Годовой экономический эффект от автоматизации ($\text{Э}_{\text{год}}$) определяется по формуле (1).

$$\text{Э}_{\text{год}} = \Delta\Pi - E_{\text{н}} * K, \quad (1)$$

где $\Delta\Pi$ – прирост прибыли, вызванный внедрением средств автоматизации (в данном случае равен условно-годовой экономии), руб.;

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений (для средств вычислительной техники принят равным 0,35) (таблица 2);

K – единовременные затраты на перевооружение Системы, руб.

Таблица 2 – Максимальные сроки окупаемости капитальных вложений на мероприятия по автоматизации

Мероприятия	$T_{OK(норм)}$, год	E_H
Механизация и автоматизация отдельных процессов и операций, модернизация и частичная замена оборудования и средств автоматизации	2 ... 3	0,5 ... 0,35

Подставив соответствующие значения в формулу (1), получим годовой экономический эффект от автоматизации: $\mathcal{E}_{год} = 15000000 - 0,35 * 38\ 62\ 24,30 = 1\ 433\ 151,50$ руб.

Срок окупаемости затрат на автоматизацию (T_{OK}), показывающий время, в течение которого капитальные вложения окупят себя за счет дополнительной прибыли или экономии, определяется по формуле (2):

$$T_{OK} = K/\Delta\P \quad (2)$$

Подставив в формулу (2) соответствующие значения получим срок окупаемости затрат на автоматизацию: $T_{OK} = 38762424,30/15000000 \approx 2,6$ лет ≈ 2 года 7 месяцев.

Коэффициент экономической эффективности (КЭФ), показывающий экономию после автоматизации на каждый рубль капитальных вложений на автоматизацию, рассчитывается по формуле (3):

$$K_{\mathcal{E}\Phi} = \Delta\P/КК \quad (3)$$

Подставив соответствующие значения в формулу (3), рассчитаем коэффициент экономической эффективности: $K_{\mathcal{E}\Phi} = 15000000/38762424,30 \approx 0,4$.

Сравним полученные значения срока окупаемости и коэффициента экономической эффективности с нормативными значениями, проверим систему условий (4).

$$\begin{cases} T_{\text{ок(расч)}} \leq T_{\text{ок(норм)}} \\ K_{\text{эф}} \geq E_{\text{н}} \end{cases} \quad (4)$$

Результаты проведенного анализа эффективности проекта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты анализа эффективности проекта

Показатель	Ед. изм.	Значение
Капитальные вложения	руб.	19 373 010
Единовременные затраты	руб.	19 473 010
Годовой экономический эффект	руб.	2 210 796
Срок окупаемости затрат на автоматизацию	год, месяц	2 года
Коэффициент экономической эффективности	-	0,5

На рисунке 27 показана диаграмма, демонстрирующая размах вложений и срок окупаемости реализуемого проекта.



Рисунок 27 – Диаграмма затрат на реализацию проекта

Таким образом, в результате проведенного анализа на основе расчетов проект может быть признан эффективным и экономически целесообразным.

Выводы по главе 3

Была реализована система автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии, направленная на оптимизацию ресурсов, оценку

работоспособности производственных процессов и отслеживание выпуска продукции. Формируемые в системе отчеты являются результирующими документами и позволяют отслеживать информацию как о выполненных заказах, так и находящихся в очереди или на стадии выполнения, а также заказах, зарегистрированных в системе. Кроме того, на основе представленного отчета можно провести анализ соответствующего производственного процесса, проанализировав полученные данные, а также осуществить мониторинг использования ресурсов.

Выполненная оценка затрат на проект показывает, что решение эффективное: ускоряется процесс выполнения задач и минимизируются возможные ошибки, а это значит, что в процессе функционирования системы автоматизации процесса выпуска продукции на предприятии наблюдается уменьшение рисков.

Заключение

В ВКР представлен процесс разработки общеизвестного представления информации о возможностях производственных процессов. Разработанная информационная модель предоставляет поставщикам ресурсов общий, независимый от поставщиков способ описания возможностей их предложений ресурсов.

Модель может упростить и ускорить проектирование и принятие решений, связанных с различными этапами проектирования производственной системы, реконфигурации и даже самоорганизации. Производственный процесс включает в себя выполнение длинного списка шагов и процедур, чтобы доставить готовый продукт потребителям. Однако без этого процесса, особенно если ему не помогает основная производственная система, могут возникнуть трудности с получением товаров. Таким образом, для решения этой проблемы был предложен проект автоматизации выпуска продукции на предприятии.

В ВКР были исследованы аналогичные работы, которые ранее проводились в этой области, и дано сравнение между реализованным приложением и существующими инструментами. Кроме того, процесс, процедуры и условия внедренного приложения, шаг за шагом, были подробно объяснены.

Анализ существующих систем автоматизации выпуска продукции на предприятии показал, что они являются специализированными, заточенными на конкретном производстве. Предложенное решение дает универсальный инструмент, который можно адаптировать под производства малого предприятия.

Основной целью проекта ВКР было создание простой в использовании системы автоматизации выпуска продукции на предприятии, которая содержит большинство необходимых функций и отвечает всем заданным требованиям.

В рамках выпускной квалификационной работы была спроектирована и реализована автоматизированная система учета производственного процесса предприятия. Предложенная автоматизированная система предоставляет такие возможности, как работа с заказами, в т.ч. добавление нового заказа, изменение параметров заказа, добавление нового материала и корректировка имеющихся позиций; работа с клиентами, а также предоставление результатной информации в форме отчетов.

Для взаимодействия с пользователем разработан удобный и понятный графический интерфейс.

Расчет экономической эффективности показал целесообразность внедрения и использования предложенного продукта.

Список используемой литературы

1. Беспалов, Д. А. Операционные системы реального времени и технологии разработки кроссплатформенного программного обеспечения. В 3 частях. Ч.3 : учебное пособие / Д. А. Беспалов, С. М. Гушанский, Н. М. Коробейникова. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. — 214 с.
2. Биллиг, В. А. Основы объектного программирования на С# (С# 3.0, Visual Studio 2008) : учебник / В. А. Биллиг. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 409 с.
3. Васильев Р. Б. Управление развитием информационных систем : учебник / Р. Б. Васильев, Г. Н. Калянов, Г. А. Левочкина. — 4-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 507 с.
4. Евдошенко О.И. Проектирование информационных систем : учебно-методическое пособие / составители О. И. Евдошенко, Ю. С. Андрианова, А. А. Морозова. — Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2022. — 70 с.
5. Зобнин, Ю. А. Разработка и внедрение автоматизированных информационных систем на предприятии : учебное пособие / Ю. А. Зобнин, А. С. Еропкина, О. В. Рындина. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. — 148 с.
6. Лопушанский, В. А. Информационные системы. Системы управления базами данных: теория и практика : учебное пособие / В. А. Лопушанский, С. В. Макеев, Е. С. Бунин. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. — 108 с.
7. Мандра А.Г. Основы автоматики и элементы систем автоматического управления : практикум для СПО / А. Г. Мандра, А. Н.

Дилигенская, И. С. Левин, В. Н. Митрошин. — Саратов : Профобразование, 2022. — 266 с.

8. Минакова, О. В. Надежность информационных систем : учебник / О. В. Минакова. — Саратов : Вузовское образование, 2020. — 283 с.

9. Мисинева И.А. Вопросы развития социально-экономических систем в современных условиях : монография / И. А. Мисинева, В. Г. Акулич, Е. А. Краус [и др.]. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2022. — 202 с.

10. Нефедов С.Н. Разработка автоматизированной информационной подсистемы учёта производственного процесса фасадной компании ООО «ВИД» [электронный ресурс] – Режим доступа: http://dspace.bsu.edu.ru/bitstream/123456789/23727/1/Nefedov_Razrabotka_16.pdf (дата обращения 07.08.2022).

11. Никитин Ю. Р. Диагностирование приводов технологических систем : монография / Ю. Р. Никитин. — Саратов : Вузовское образование, 2022. — 161 с.

12. Официальный сайт компании 1С. Отраслевые и специализированные решения. 1С:Предприятие. [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://solutions.1c.ru/catalog/enterprise> (дата обращения 07.08.2022).

13. Официальный сайт корпорации Галактика. [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://galaktika.ru/erp> (дата обращения 07.08.2022).

14. Петрухнова Г. В. Введение в распределенные системы : учебное пособие / Г. В. Петрухнова. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 81 с.

15. Пиляй А. И. Базы данных и операционные системы : учебно-методическое пособие / А. И. Пиляй, А. М. Якубович. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2021. — 46 с.

16. Пурыжова Л. В. Внедрение системы бережливого производства как фактор повышения эффективности деятельности производственных

предприятий : монография / Л. В. Пурьжова, Л. В. Семенова, Д. В. Кашпаров. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 82 с.

17. Савельев А. О. Проектирование и разработка веб-приложений на основе технологий Microsoft : учебное пособие / А. О. Савельев, А. А. Алексеев. — 4-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 418 с.

18. Туманов В. Е. Проектирование хранилищ данных для систем деловой осведомленности (Business Intelligence Systems) : учебное пособие / В. Е. Туманов. — 4-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 937 с.

19. Фадеев А. С. Надёжность систем автоматического управления технологическими процессами : учебно-методическое пособие / А. С. Фадеев, О. В. Самохвалов. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2022. — 75 с.

20. Чекардовская И. А. Основы научных исследований с применением современных информационных технологий / И. А. Чекардовская, Л. Н. Бакановская. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2022. — 134 с.

21. Черных, Т. Е. Компьютерные графические системы визуализации : практикум / Т. Е. Черных, А. В. Тикунов. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. — 61 с.

22. Bipin Joshi. Beginning XML with C# 7: XML Processing and Data Access for C# Developers. — 301 Pitrukhaya, Thane, India — 2017.— 464 p.

23. Douglas E. Comer. The Internet Book. Everything You Need to Know about Computer Networking and How the Internet Works: Fifth Edition. — CRC Press — 2019. — 405 p.

24. Ibarra, D.; Ganzarain, J.; Igartua, J.I. Business Model Innovation through Industry 4.0: A Review. *Procedia Manuf.* 2018, 22, 4–10.

25. Morris Sloman. A survey of trust in internet applications. - *IEEE Communications Surveys & Tutorials.* — 2000. — T3 (№4). — p. 2-16.

26. Timothy C., Laganière R. ObjectOriented Software Engineering. Practical Software Development using UML and Java: Second edition. - McGraw-Hill Education. – 2019. – 561 p.