

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы контроля производства

УДК 658.518.52-047.84:658.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Новицкая Кристина Васильевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А.В.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Мамонова Т.Е.	к.т.н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения - осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.2019	Основная часть	60
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	20
15.05.2019	Социальная ответственность	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В. В.	к.т.н		

**Консультант (при наличии)**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А. В.	-		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Т. Е.	к.т.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) - 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)    \_\_\_\_\_    Мамонова Т.Е.  
 (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8E51	Новицкая Кристина Васильевна

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы контроля производства

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 06.05.2019 № 3492/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объектом исследования является цех по производству печатных плат. Режим работы – непрерывный.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание технологического процесса;</li> <li>2. Разработка структурной схемы АС;</li> <li>3. Разработка схемы информационных потоков;</li> <li>4. Разработка алгоритмов АС;</li> <li>5. Разработка экранных форм;</li> <li>6. Выбор контроллерного оборудования.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структурная схема системы;</li> <li>2. Схема информационных потоков;</li> <li>3. Блок-схемы алгоритмов работы системы;</li> <li>4. Экранные формы.</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН ШБИП, к.ф.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Немцова Ольга Александровна, ассистент ООД ШБИП</p>
<p>Разработка автоматизированной системы контроля производства</p>	<p>Цавнин Алексей Владимирович, доцент ОАР ИШИТР</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Нет</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.03.2019</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОАР ИШИТР	Цавнин А. В.	—		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Новицкая К.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Е51	Новицкой Кристине Васильевне

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.06 Мехатроника и робототехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Цена ПО SCADA Infinity 87500 руб. Цена ПЛК Элсима-М01 за 1шт. 284800 руб. Цена ручного сканера Metrologic MS1690 Focus за 1 шт. 12600 руб. Цена конвейерного сканера Honeywell 7580G за 1 шт. 96120 руб. Оклад студента – 5461 руб. в месяц Оклад руководителя – 23264 руб. в месяц
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	2. 30% премии; 20% надбавки; 13,5% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	3. Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Определение потенциальных потребителей результатов исследования; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	2. Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	3. Определение материальных затрат; расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT
2. Календарный план-график проведения работ по разработке системы контроля производства
3. Бюджет затрат на разработку системы контроля производства
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева В.Н.	к.ф.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Е51	Новицкая К.В.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8E51	ФИО Новицкой Кристине Васильевне
----------------	-------------------------------------

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является автоматизированная система контроля производства. Система применяется для планирования производственных заданий и контроля за процессами производства с рабочих мест начальника цеха и персонала на производственных участках.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ</li> <li>2. СанПиН 2.2.4.548-96</li> <li>3. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96</li> <li>4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03</li> <li>5. СП 52.13330.2016</li> <li>6. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ</li> <li>7. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ</li> <li>8. СП 51.13330.2011</li> <li>9. ГОСТ 17.4.3.04-85 ССОП</li> </ol>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредными и опасными факторами производственной среды являются: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отклонение показателей микроклимата от нормы;</li> <li>2. Превышение уровня шума;</li> <li>3. Отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>4. Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>5. Электромагнитные излучения;</li> <li>6. Поражение электрическим током;</li> <li>7. Возникновение пожаров.</li> </ol>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	В качестве воздействия на литосферу, гидросферу и атмосферу рассмотрена утилизация люминесцентных ламп.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Новицкая К.В.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 5 рисунков, 32 таблицы, 21 источников, 11 приложений.

Ключевые слова: USB-сканер, диспетчерское управление и сбор данных, SCADA-система, экранные формы, программируемый логический контроллер, автоматизация производственных процессов.

Объектом исследования является цех по производству печатных плат компании «ЭлеСи».

Цель работы: создание системы автоматического контроля производства, обладающей высокой надежностью, эффективностью и безопасностью, обеспечивающей централизованную диспетчеризацию для контроля производства в автоматическом режиме с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данной работе была разработана система контроля производства печатных плат на базе промышленных контроллеров Элсима, с применением SCADA-системы Infintity.

Предполагается, что внедрение разработанной системы в производство позволит увеличить производительность. Данная система контроля может применяться на различных промышленных предприятиях для различных отраслей.

Область применения: предприятие, выпускающее готовую серийную продукцию.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и представлена на диске DVD (usb-flash) (в конверте на обороте обложки).

## Содержание

Введение.....	16
1 Техническое задание.....	18
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	18
1.2 Требования к системе в целом.....	19
1.3 Требования к программному обеспечению.....	21
1.4 Требования к численности и квалификации персонала.....	22
1.5 Требования к информационному обеспечению.....	23
2 Основная часть.....	24
2.1 Описание технологического процесса.....	24
2.2 Разработка структурной схемы.....	25
2.3 Разработка схемы информационных потоков.....	26
2.4 Разработка алгоритмов.....	26
2.4.1 Алгоритм планирования.....	27
2.4.2 Алгоритм запуска проекта в производство.....	28
2.4.3 Алгоритмы сбора данных.....	29
2.5 Экранные формы.....	32
2.5.1 Разработка экранных форм.....	33
2.5.2 Настройка передачи данных.....	36
2.6 Выбор контроллерного оборудования.....	38
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	42
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	42

3.1.2 SWOT-анализ .....	42
3.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	46
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	46
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	47
3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	48
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	52
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	52
3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование .....	52
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	53
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	54
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	55
3.3.6 Накладные расходы .....	56
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	56
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	57
4 Социальная ответственность .....	60
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	60
4.2 Производственная безопасность .....	61
4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	62
4.3.1 Отклонения показателей микроклимата .....	62
4.3.2 Превышение уровня шума .....	64
4.3.3 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света .....	65
4.3.4 Электромагнитное излучение.....	67
4.4 Анализ опасных факторов.....	68

4.4.1 Электробезопасность.....	68
4.5 Экологическая безопасность.....	70
4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	70
4.6.1 Пожарная безопасность.....	70
Заключение .....	73
Conclusion.....	74
Список литературы .....	75
Приложение А .....	77
Приложение Б.....	78
Приложение В.....	79
Приложение Г .....	82
Приложение Д.....	83
Приложение Е.....	84
Приложение Ж.....	86
Приложение К.....	87
Приложение Л.....	88
Приложение М.....	89
Приложение Н .....	90

## Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система:** Комплекс программных и аппаратных средств, а также персонала, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса, производства, предприятия

**автоматизированное рабочее место:** Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы

**интерфейс (RS-232, RS-442, RS-485, и др.):** Набор правил и средств, обеспечивающих нормальное взаимодействие между различными программными системами, техническими устройствами или между пользователем и системой

**интерфейс оператора:** Совокупность аппаратно-программных средств и компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействия пользователя с системой

**мнемосхема:** Представление технологической схемы в упрощенном виде на экране оператора

**объект управления:** Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления

**программируемый логический контроллер:** Микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени

**протокол (CAN, ProfiBus, Modbus, HART и др.):** Набор правил формирования пакетов данных для соединения и обмена информацией между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами

**тег:** Метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры

**DIP (англ. dual in-line package, также DIL):** Название типа корпуса, применяемого для микросхем, микросборок и некоторых других электронных компонентов. Корпуса такого типа отличаются прямоугольной формой и наличием двух рядов выводов по длинным сторонам

**ETL (Extract, Transform, Load):** Процесс в управлении хранилищами данных, который включает в себя извлечение данных из внешних источников, их трансформация и очистка, чтобы они соответствовали потребностям бизнес-модели и загрузка их в хранилище данных

**ERP (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия):** Организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения

**HMI (англ. Human-machine interface – человеко-машинный интерфейс):** Широкое понятие, охватывающее инженерные решения, обеспечивающие взаимодействие человека-оператора с управляемыми им машинами

**OPC-сервер:** Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам OPC

**SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных):** Инструментальная программа для

разработки программного обеспечения систем управления технологическим процессом в реальном времени и сбора данных

**SMT (англ. Surface Mount Technology – технология монтажа на поверхность:** Технология изготовления электронных изделий на печатных платах. Основным отличием от сквозного монтажа в отверстия является то, что компоненты монтируются на поверхность печатной платы

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе используются следующие обозначения и сокращения:

**АРМ** – автоматизированное рабочее место;

**АС** – автоматизированная система;

**БД** – база данных;

**ПЛК** – программируемый логический контроллер;

**ПО** – программное обеспечение;

**СКП** – система контроля производства;

**ТП** – технологический процесс;

**ТЗ** – техническое задание.

## Введение

Любое современное предприятие стремится производить качественную продукцию, чтобы оставаться конкурентоспособным, но при этом затрачивать как можно меньше ресурсов на производство. Достижение плановых показателей при минимальных затратах можно считать одним из главных критериев эффективной работы. С учетом вышесказанного, проектирование автоматизированных систем является эффективным и востребованным методом улучшения качества производства и снижения затрат на единицу продукции.

Производство печатных плат представляет собой процесс, состоящий из нескольких алгоритмов, исполняемых на различных участках с использованием автоматических линий и ручного труда. Необходимо иметь представление о ходе работы и всех возникающих ошибках на каждом участке производства в единой системе. Централизованный сбор актуальной информации и «прослеживаемость» партий в производстве создают условия для полного и выборочного анализа качества технологических процессов. Информация, полученная с помощью контроля и отслеживания технологических процессов, в дальнейшем позволит выбрать руководству оптимальные решения по дооснащению и контролируемому внедрению средств повышения производительности выполняемых операций.

Кроме того, планируя производство готовой продукции, необходимо иметь информацию о возможности запуска производственных заданий в производство на данный момент, а также иметь возможность в случае необходимости вносить изменения в недельный план. Поэтому необходима такая система, которая обеспечит корректное оперативное планирование и возможность быстрого формирования заданий на производство, что сокращает время на запуск партии, а, следовательно, и время всего производства одной партии.

Также система должна обладать «гибкостью», так как в участки и в процессы производства могут вноситься изменения, а сама система со временем может модернизироваться.

Сферой деятельности компании «ЭлеСи» является автоматизация производственных процессов. Компанией было принято решение о разработке собственной системы контроля производства печатных плат.

На данный момент на предприятии отсутствуют подобные системы. Однако, покупать зарубежные или отечественные готовые системы контроля не имеет смысла, т.к. компания «ЭлеСи» имеет собственноразработанный пакет Scada Infinity, который позволяет создавать любые Scada-системы, а также использование собственного применяемого в компании ПО исключит необходимость обучения персонала.

Объект исследования – цех по производству печатных плат компании «ЭлеСи». Целью работы является разработка системы контроля производства (СКП) с использованием ПЛК, на основе SCADA Infinity. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение технологических процессов;
2. Изучение необходимой технической документации;
3. Разработка структурной и схемы информационных потоков объекта исследования;
4. Разработка и реализация алгоритмов сбора данных;
5. Разработка интерфейсов оператора;
6. Программная и аппаратная отладка системы.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП**

Назначение: система предназначена для контроля выполнения технологических процессов в ходе производства печатных плат с использованием системы штрихкодирования, а также для обеспечения возможности планирования производственных заданий непосредственно с рабочего места оператора (начальник цеха) и связи между ERP-системой и SCADA-системой.

Состав: система СКП включает:

#### 1. Подсистему штрихкодирования:

- Штрих-код продукции;
- Штрих-код управления;
- Оборудование (программируемые логические контроллеры и USB-сканеры).

#### 2. Подсистема учета и контроля над производством:

- Учет и мониторинг изготовления изделий на каждом этапе производства и между этапами;
- Учет правильности прохождения изделием заданных этапов производства;
- Учет объема работ, выполненных сотрудниками;
- Учет бракованных изделий.

Функции, которые должна выполнять система:

1. Отображение текущих состояний, критических значений объекта управления в автоматическом режиме;
2. Обеспечение персонала актуальной и достоверной информацией о технологических объектах в удобной форме;
3. Возможность ручного задания производственных заданий через верхний уровень SCADA;
4. Отображение количества заданных проектов комплектовщику;

5. Обмен данными между вычислительными средствами АСУ ТП и с вышестоящими системами управления (ERP);
6. Архивирование информации об объекте, ведение журналов.

Параметры разрабатываемой системы: Число рабочих мест, на которых будет установленная система, составляет 13 (12 рабочих мест на участках, 1 рабочее место начальника цеха). Доступ к информационной базе и ко всем экранам имеет начальник цеха, на каждом участке доступен только просмотр информации по конкретному участку.

Основными задачами проектирования системы являются:

1. Минимизация временных издержек на создание производственного плана и запуск в производство;
2. Своевременное оповещение операторов об ошибках, т.о. сокращается время исправления неполадок;

## **1.2 Требования к системе в целом**

АСУ ТП в общем случае должна состоять из трёх уровней [3]:

1. «Нижний (полевой) уровень – уровень первичного преобразования информации о технологических процессах;
2. Средний (контроллерный);
3. Верхний (диспетчерский) уровень – уровень сбора, обработки, визуализации, архивации информации. Уровень выработки управляющих воздействий и реализации команд операторов.»

Подобная система из трёх уровней позволяет обеспечить передачу данных на контроллерный уровень, то есть на уровень пунктов сбора информации систем телемеханики, либо, например, на сервера корпоративной базы данных.

Штатный режим функционирования системы - автоматизированный. В данном режиме оператор имеет возможность дистанционного планирования, отслеживания состояний. Система должна обеспечивать непрерывную работу

объекта автоматизации в круглосуточном, круглогодичном режиме. Число рабочих дней в году – 365 дней.

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть достаточным для обеспечения функций, указанных в ТЗ. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

1. Контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
2. Контроллеры или подсистемы управления;
3. Станции операторов;
4. Средства архивирования данных;
5. Сетевое оборудование.

В данной системе используются USB-сканеры (ручные и конвейерные). Для обработки поступающих со сканеров сигналов и управления заданными параметрами, подсистемы управления должны быть оснащены следующими модулями:

1. USB-входы;
2. Ввода дискретных сигналов;
3. Ввода по Ethernet от периферийных устройств.

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды. Применяемые технические средства должны:

1. Быть ремонтпригодными и заменяемыми;
2. Работать от промышленных сетей переменного тока с напряжением 220 В и при допустимых колебаниях напряжения в диапазоне  $\pm 10\%$  (применительно к электрическим).

Сканеры в системе должны отвечать требованиям электробезопасности. Степень защиты должна быть не меньше IP56.

### 1.3 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение АСУ ТП подразделяется на:

1. «Системное программное обеспечение (операционные системы);
2. Инструментальное программное обеспечение;
3. Базовое (общее) прикладное программное обеспечение;
4. Специальное программное обеспечение.» [2]

Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту IEC 61131-3. Чаще всего для создания приложений с поддержкой OPC используют языки программирования C++ или Visual Basic. «Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (визуализация, сигнализация, опрос, измерение, фильтрация, регистрация и др.). Специальное прикладное программное обеспечение предназначено для обеспечения выполнения нестандартных функций соответствующего уровня АС (вычисления, специальные алгоритмы управления, и др.).»

В качестве системного ПО используется ОС Windows. Базовое и специальное ПО – программно-инструментальный комплекс SCADA Infinity и его клиентские компоненты.

Для функционирования SCADA Infinity требуется наличие одной из лицензионных операционных систем семейства Windows (русская или английская версия):

- Windows 2008 Server R2 (x64);
- Windows 2012 Server R2 (x64);
- Windows 7 (x64/x86);
- Windows 8 (x64/x86);
- Windows 10 (x64/x86).

Для работы компонентов SCADA Infinity (без учета требований ОС) рекомендуется

- Процессор — Intel Pentium IV 3 ГГц;

- Объем оперативной памяти — не менее 512 Мбайт. Для проектов с количеством сигналов более 20 000 — не менее 1024 Мбайт;
- 2 сетевые карты, обеспечивающие работу в 100-мегабитной сети.

Рекомендуется использовать источник гарантированного питания, обеспечивающий работу сервера не менее 15 минут при полностью заряженных батареях (в случае пропадания электропитания при полностью заряженных батареях).

#### **1.4 Требования к численности и квалификации персонала**

Персонал АСУТП делится на две категории:

1. «Оперативный (технологический) персонал;
2. Эксплуатационный (обслуживающий) персонал.» [1]

Оперативный персонал непосредственно участвует в принятии решений по процессу управления и выполнения функций системы. В данном случае, пользователями системы являются:

1. Начальник цеха. Вносит данные о планируемом проекте (артикул, наименование платы, количество, номер производственного задания). Доступен главный экран и экраны участков для отслеживания процессов производства. Назначает комплектовщика для каждого заданного ранее проекта. Не имеет возможности назначения, если в базах данных отсутствует заданный ранее номер ПЗ. Доступен главный экран и экраны участков для отслеживания процессов производства.
2. Работник. Доступен экран, на котором отображается вся информация по назначенному ему проекту.

Обслуживающий персонал обеспечивает нормальные условия функционирования системы в соответствии с инструкциями по эксплуатации, и выполняет работы по техническому обслуживанию системы.

## **1.5 Требования к информационному обеспечению**

«Информационное обеспечение – созидание информационных условий функционирования системы, обеспечение необходимой информацией, включение в систему средств поиска, получения, накопления, хранения, обработки и передачи информации, организация блоков данных» [2]. Одной из основных задач в развитии информационной поддержки является организация человеко-машинного интерфейса.

Для обмена информацией в рамках распределённой Системы должна быть создана БД, обеспечивающая доступ к данным с локальных элементов сети, которыми являются:

- Периферийные микропроцессорные устройства – подсистемы управления или контроллеры;
- Многофункциональные операторские станции – рабочие места технологического персонала;
- Станция оператора.

В данной системе необходимо иметь визуальное представление о процессе на автоматизированном рабочем месте оператора, которое бы имело все необходимые данные о текущем процессе в реальном времени. Также необходимо иметь архив событий за прошедшее время для более удобного наблюдения за технологическим процессом.

## **2 Основная часть**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Объект автоматизации представляет собой цех со следующим оборудованием по производству печатных плат, которое включает в себя:

1. Ручные сканеры и конвейерные сканеры;
2. Программируемые логические контроллеры;
3. Автоматические линии на участках.

Процессы планирования производства, такие как задание недельного плана и назначение комплектовщика, также являются объектом автоматизации.

Производственный цех, где делают печатные платы, состоит из нескольких различных участков с автоматическими линиями и рабочих мест персонала. Цех состоит из следующих участков:

Монтаж SMD-компонентов (англ. surface mounted device) производится автоматизированной линией поверхностного монтажа SMT (англ. surface mounting technology). Возможен односторонний и двусторонний монтаж печатных плат. В автомат вводятся ленты со множеством мелких деталей, а механические схваты захватывают по шесть элементов и ставят на их плату. Принтер наносит паяльное масло, схваты раскладывают микросхемы. В печи идет плавление, где к плате приплавляются элементы [4].

Монтаж DIP-компонентов (англ. dual in-line package) по ТНТ-технологии (англ. Through-hole Technology), производится на линии селективной пайки. Для этого используются специальные устройства захвата компонентов — грипперы для автоматов поверхностного монтажа, позволяющие выполнять установку компонентов с выводами, монтируемыми в отверстия. Однако данное оборудование в настоящее время не распространено, и установка компонентов в отверстия выполняется преимущественно вручную. Пайка выполняется с помощью встроенного электромагнитного насоса, формирующего постоянную стабильную миниволну припоя на волнообразователе [4].

Пайка волной припоя применяется как для пайки DIP-компонентов, так и SMD-компонентов. Плата перемещается по конвейеру к ванне с расплавленным

припоем, где создаётся непрерывный поток волны припоя, через которую движется печатная плата с установленными на неё компонентами. Волна достигает нижней поверхности печатной платы, припой смачивает контактные площадки и выводы компонентов и проникает вверх через отверстия, при этом происходит формирование паяных соединений.

Платы в системе для промывки очищаются сначала специальными средствами, потом - водой. Здесь отмываются остатки флюса, который остается при монтаже и который может повлиять на работу изделия в целом.

Для придания изделиям свойств влагозащиты, защиты от воздействия высоких температур, коррозии и агрессивных химических сред производится лакировку смонтированных печатных плат высококачественными материалами.

На рабочих местах персонала происходит ручная проверка качества монтажа и качества промывки. Здесь же платы настраивают на сборку.

## **2.2 Разработка структурной схемы**

Структурная схема – это модель функциональных частей изделия, их взаимосвязи и назначения. Автоматизация производства состоит в автоматическом контроле за запускаемыми в производство проектами и выполнением процессов на линиях.

На АРМе оператора должны быть учтены данные, информационные потоки с оборудования (сканеров и ПЛК), а также данные из ERP-системы.

Применительно к разрабатываемой системе, нижний уровень состоит из USB-сканеров на участках. На среднем уровне используются контроллеры Элсима-М01. Контроллеры объединены между собой по Ethernet и передают данные на верхний уровень по протоколу Modbus TCP.

Верхний уровень представляет собой диспетчерский пункт, который включает несколько станций управления, представляющие собой АРМ оператора/диспетчера. На АРМах оператора установлена операционная система Windows и ПО SCADA Infinity.

Структурная схема системы приведена в приложении А.

### **2.3 Разработка схемы информационных потоков**

В процессе эксплуатации Системы, источниками будут служить:

1. USB-сканеры;
2. Автоматизированное рабочее место оператора, с которого поступают сигналы в виде задаваемых параметров.

Схема информационных потоков состоит из трех уровней хранения и сбора информации:

1. Нижний уровень – уровень сбора данных и их обработки. Это данные датчиков;
2. Средний уровень – уровень текущего хранения, буферная база данных. На этом уровне происходит преобразование и обработка сигналов, принятых с первого уровня, с помощью различных модулей программируемого логического контроллера. В данном проекте основой этого уровня служит контроллер Элсима-М01. Средний уровень выполняет роль распределителя информационных потоков от датчиков к верхнему уровню АСУ ТП;
3. Верхний уровень – уровень корпоративного информационного хранения и архивного хранения. Информация представляется в виде экранных форм или мнемосхем. В автоматическом режиме формируются различные отчеты и хранятся события за прошедший период. Каждый элемент контроля и управления имеет свой тег, состоящий из символьной строки.

Схема информационных потоков, приведена в приложении Б.

### **2.4 Разработка алгоритмов**

В автоматизированных системах управления существуют разные уровни управления. В данной выпускной квалификационной работе разработаны следующие алгоритмы:

- алгоритм планирования;

- алгоритм запуска плана в производство;
- алгоритмы сбора данных и работы со штрих-кодами на участках.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть должны находиться в формате стандарта OPC. Такими параметрами являются:

1. Управляющие коды;
2. Персональные штрих-коды;
3. Штрих-коды продукции;
4. Данные поступающие по ETL с вышестоящих систем;
5. Данные, формируемые оператором со своего АРМ.

При этом алгоритмы используют данные, полученные в результате работы других алгоритмов. Все сигналы представлены в приложении В.

#### **2.4.1 Алгоритм планирования**

Алгоритм обеспечивает создание и запуск производственного плана непосредственно через экран монитора оператора.

С панели оператора задаются параметры проекта, которое нужно запустить в производство. Вручную вводится артикул, состоящий из 10 символов. Если введено меньше 10 символов, система автоматически дописывает нули перед введенными символами, т.о. не обязательно вручную вводить нули. Также вручную задается номер производственного задания (ПЗ) и количество. Наименование платы выводится автоматически в зависимости от введенного артикула. После нажатия кнопки «Записать», происходит проверка наличия введенного ПЗ в системе АВА (ERP-система). В случае отсутствия ПЗ в АВА, система подсвечивает позицию красным цветом, а также сигнализирует об ошибке на главном экране. Кнопка перехода к экрану выбора комплектовщика заблокирована, т.е. дальнейшее планирование и запуск невозможны. В случае наличия введенного ПЗ, разрешается доступ к выбору комплектовщика.

Алгоритм планирования представлен в приложении Г.

Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка входных сигналов в SCADA-системе

Обозначение	Тип данных	Описание
'CMPU.Plan.Article.Article1'	String	Артикул платы
'CMPU.Plan.Kolvo'	Int	Ввод количества продукции
'CMPU.Plan.PZ'	String	Ввод ПЗ
'CMPU.Plan.Write_down'	Bool	Кнопка "записать"

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 2, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 2 – Кодировка выходных сигналов в SCADA-системе

Обозначение	Тип данных	Описание
'CMPU.Plan.Article.Article1.Len'	String	Если введено меньше чем 10 символов, добавить нулей до десяти знаков
'CMPU.Plan.Article.Article1.Ogr1'	String	Проверка с каким артикулом из введенных совпадает и присваивание номера ограничения
'CMPU.Plan.Name'	String	Отображение наименований в зависимости от введенного артикля
'CMPU.Plan.PZ.PZ1.Check'	Bool	Если введенное ПЗ такое же, как и полученное из AVA, то 1

### 2.4.2 Алгоритм запуска проекта в производство

Алгоритм представляет последовательность действий, которые необходимо выполнить после задания плана, но выполняемых перед производством.

Сначала производится выбор комплектовщика. Всплывающее окно выбора открывается при нажатии кнопки «выбор комплектовщика» на главном экране. В окне отображаются введенные ранее параметры плана и дополнительное раскрывающееся меню для выбора комплектовщика.

Алгоритм запуска проекта в производство представлен в приложении Д.

Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Кодировка входных сигналов в SCADA-системе

Обозначение	Тип данных	Описание
'CMPU.Kompl.FIO'	String	ФИО, вводимые в таблицу комплектования. ФИО «вводится» посредством выбора в выпадающем списке ячейки ввода
'CMPU.Kompl.Write_down_Kompl'	Bool	Кнопка "записать" в таблице комплектования

Выходами алгоритма являются сигналы из таблицы 2 и сигнал с личным кодом комплектовщика для конкретного задания.

### 2.4.3 Алгоритмы сбора данных

Алгоритм сбора данных измерений подробно показывает последовательность действий, происходящих в технологическом процессе в ходе работы определенного производственного участка.

Для примера возьмем алгоритм работы со штрих-кодом на участке прошивки плат. Перед началом работы сотрудник сканирует личный штрих-код.

Система выдает на экран работника информацию о заданном ему проекте. Далее работник сканирует управляющий код «начало», система получает восьмизначный код, соответствующий началу работы на участке мойки плат и выводит на АРМы начальника цеха и работника сообщение о начале работы на данном участке. Также при получении кода о начале на экране начальника мигает «лампочка», сигнализирующая о работающем участке. Лампочка мигает до тех пор, пока не получен управляющий код «окончание».

Далее производится прошивка плат на участке. В случае возникновения неисправности оборудования, работник сканирует управляющий код «оборудование», после чего происходит оповещение о неисправности и визуализация окончания работы на экране. Если оборудование исправно, конвейерный сканер передает системе штрих-код платы, системой производится

подсчет и отображение пройденных и оставшихся плат. Если обнаружена несоответствующая продукция (платы, которым запрещено в данный момент проходить по участку), работник сканирует управляющий код «НСП», система оповещает об ошибке и визуализирует окончание работы.

Алгоритм сбора данных со сканеров на участках представлен в приложении Е.

Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Кодировка входных сигналов в SCADA-системе

Обозначение	Тип данных	Описание
'CMPU.Code.Personal_Code'	String	Получение персонального кода работника
'CMPU.Code.Code_from'	String	Штрих-код сканера - 38 символов
'CMPU.Code.New_Code.New_Ogranich'	String	Изменение кода ограничений
'CMPU.Code.New_Code.New_Kod_firmy'	String	Изменение кода фирмы производителя
На участках:		
'CMPU.LineSMT_Siemens.work.NSP'	Int	Подсчет продукции с кодом «НСП»
'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Ogranichenie_SMTSiemens'	String	Получить подстроку с ограничением
'CMPU.LineSMT_Siemens.Scaner_na_linii.Code'	String	Штрих-код продукции с конвейерного сканера
'CMPU.LineSMT_Siemens.Scaner_na_linii.count'	String	Подсчет пройденных плат

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 5, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 5 – Кодировка выходных сигналов в SCADA-системе

Обозначение	Тип данных	Описание
'CMPU.Code.Code_from.Kod_firmy'	String	Получить подстроку из 'CMPU.Code.Code_from', с кодом фирмы
'CMPU.Code.Code_from.without_serial'	String	Если 'CMPU.Code.Code_from' 28 знаков, то нет серийного номера

Продолжение таблицы 5 – Кодировка выходных сигналов в SCADA-системе

Обозначение	Тип данных	Описание
'CMPU.Code.Code_from.Ogranich'	String	Получить подстроку с кодом ограничения
'CMPU.Code.Code_from.Nomer_partii'	String	Получить подстроку с номером партии
'CMPU.Code.Code_from.serial'	String	Получить подстроку с серийным номером. Если номера нет – 10 нулей на выводе
'CMPU.Code.Code_from.Article'	String	Получить подстроку с артикулом партии
'CMPU.Code.New_Code'	String	Измененный Штрих-код сканера - 38 символов (если была необходимость изменить)
'CMPU.Code.Problem'	String	Оповещение сообщением об отсутствии серийного номера
На участках:		
'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Process'	String	Преобразование получаемых управляющих кодов в сообщения о процессах
'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Ogranichenie_SMTSiemens.stop'	String	Если в полученной подстроке содержатся коды ограничения 20, 07, 14, 16, 18 и 19, то стоп
'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Display.Process' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Article' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.NSP' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Projdeno' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Ost' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Number_part' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Name' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.FIO' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.chislo_plat'	String	Вывод информации на экран работника

Входные и выходные сигналы на участках 'CMPU.LineSMT\_YAMAHA',  
'CMPU.LineDIP\_Volna', 'CMPU.LineMoika', 'CMPU.LineOTK',

'CMPU.LineNastroika', 'CMPU.LineDIP\_Select', 'CMPU.LineLak',  
'CMPU.LineDIP\_Ruchnoi' аналогичны 'CMPU.LineSMT\_Siemens'.

## **2.5 Экранные формы**

Управление в системе реализовано с использованием программного обеспечения SCADA Infinity. SCADA Infinity – это программно-инструментальный комплекс для реализации автоматизированных систем управления технологическими процессами. Является разработкой компании ЭлеСи и предназначена для использования на предприятиях различных отраслей для различных целей автоматизации. Благодаря используемой OPC-технологии, SCADA-система обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей. Используемая в работе SCADA-система не ограничивает выбор компонентов нижнего уровня, т. к. располагает большим набором драйверов или серверов ввода/вывода. Данное ПО включает в себя программный пакет Infinity HMI, позволяющий разрабатывать человеко-машинный интерфейс. Все экранные формы были выполнены именно в ней.

Компонентный подход SCADA Infinity, позволяет строить системы автоматизации под конкретные задачи, покупая только необходимые компоненты и коммуникационные протоколы. В данной работе были использованы следующие клиентские компоненты [6]:

1. InfinityAlarms предоставляет оперативную и историческую информацию в виде списка сообщений, удобного для восприятия, и ранжированного в зависимости от типа и степени важности сигнала. Реализация в виде ActiveX-компонентов позволяет отображать информацию о событиях и тревогах в других приложениях;

2. InfinityHMI обеспечивает оперативное отображение параметров технологического процесса, контролируемых системой, за счет получения данных по протоколу OPC DA от одного или нескольких OPC серверов, и позволяет оператору управлять процессом за счет формирования и передачи команд управления технологическим оборудованием.

Используемые в работе серверные компоненты включают в себя [7]:

«1. InfinityServer предназначен для непрерывного контроля технологического процесса, опроса системы автоматики и телемеханики, логической и математической обработки поступающих технологических данных;

2. InfinityHistoryServer — специализированная СУБД реального времени, где все структуры данных и алгоритмы работы оптимизированы для эффективного хранения временных рядов и выполнения запросов к ним;

3. InfinityETL — система импорта/экспорта данных. Предназначен для решения интеграционных задач, требующих объединения данных из разнородных источников для последующего их анализа и формирования отчетности. Обеспечивает информационный обмен между уровнями управления предприятием: технологическим, производственным и финансово-хозяйственным;

4. InfinityReports — система формирования отчетов.»

В дальнейшем планируется расширить систему путем использования серверного компонента InfinitySender для оповещения об авариях и событиях через рассылку SMS и E-mail, а также использования клиентского компонента InfinityWebHMI для отображения технологического процесса в реальном времени.

### **2.5.1 Разработка экранных форм**

Для создания экранов данных использовался программный продукт, разработанный компанией ЭлеСи, Infinity HMI. Разработанные экранные формы приведены в приложении Ж. Ниже приведены их описания:

1. «СМРУ» — главное окно, на котором отображаются все участки производства и кнопки вызова соответствующих экранов. В верхней части экрана имеются два поля для отображения информация о ходе выполнения, текущие дата и время. В нижней части экрана находится специальная форма для отображения аварийных событий (Infinity Alarms). В

средней части экрана находится мнемосхема цеха с участками и кнопки вызова экранных форм для задания недельного плана и выбора комплектовщика. Данная экранная форма является частью АРМ начальника цеха.

2. «Недельный план» – мнемосхема, отображающая таблицу для ввода параметров недельного плана: номер ПЗ, серийный номер платы, наименование платы и ее артикул. Имеется кнопка «Записать» для подтверждения записи значений, после чего система проверяет наличие введенных параметров в ERP-системе (AVA). Кнопка «Очистить» сбрасывает все введенные значения, кнопка «Переход к комплектованию» заблокирована до момента нажатия кнопки «Записать», после нажатия которой становится доступной в случае правильности введенных параметров. Каждый четверг в конкретное время все введенные значения автоматически сбрасываются системой. Данная экранная форма является частью АРМ начальника цеха.

3. «Выбор комплектовщика» – продолжение таблицы с недельным планом, но с дополнительными ячейками для назначения комплектовщику задания. К данной экранной форме можно перейти, если система пропустила проект на комплектование (в ERP-системе присутствуют все заданные параметры недельного плана). В случае, если проект не попадает на комплектование, ячейка выбора комплектовщика блокируется. Кнопки «Записать» и «Очистить» аналогичны кнопкам с экрана «Недельный план». Данная экранная форма является частью АРМ начальника цеха.

4. Экранные формы участков – окна, на которых в режиме реального времени отображаются параметры и состояния недельного задания для каждого конкретного участка. На экранные формы участков можно перейти, кликнув по советующим участкам на главном экране. Здесь отображаются имя комплектовщика, все значения назначенного ему задания, а также ведется подсчет пройденных и оставшихся плат и отображения кодов хода работы и ошибок. Является частью АРМ работника на участке.

Дерево экранных форм имеет иерархичную структуру. Начальник цеха может просматривать все экраны, тогда как на участках доступны только

Экранные формы участков. Журнал – список всех событий и аварий, который ведется автоматически системой SCADA. Дерево экранных форм приведено на рисунке 1:

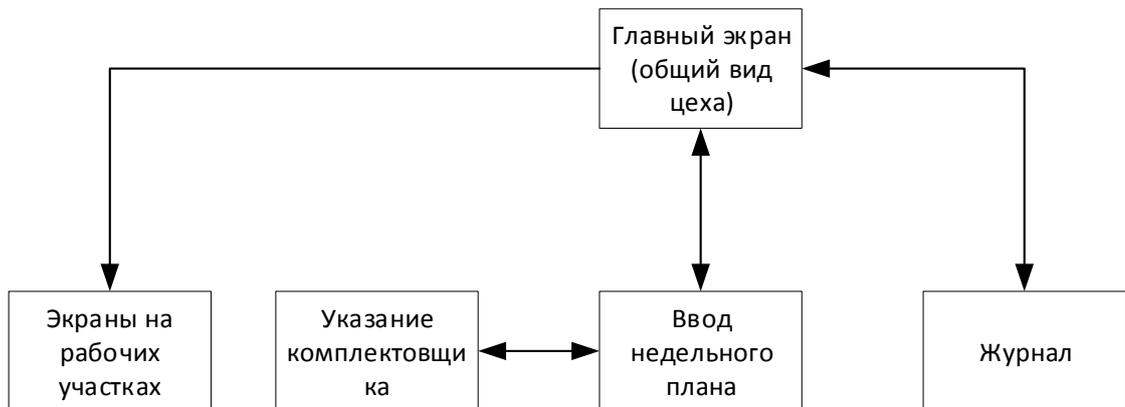


Рисунок 1 – Дерево экранных форм

Для индикации определенных событий в разработанных экранных формах приняты следующие обозначения:

1. Индикация на участках на главном экране (рисунок 2):

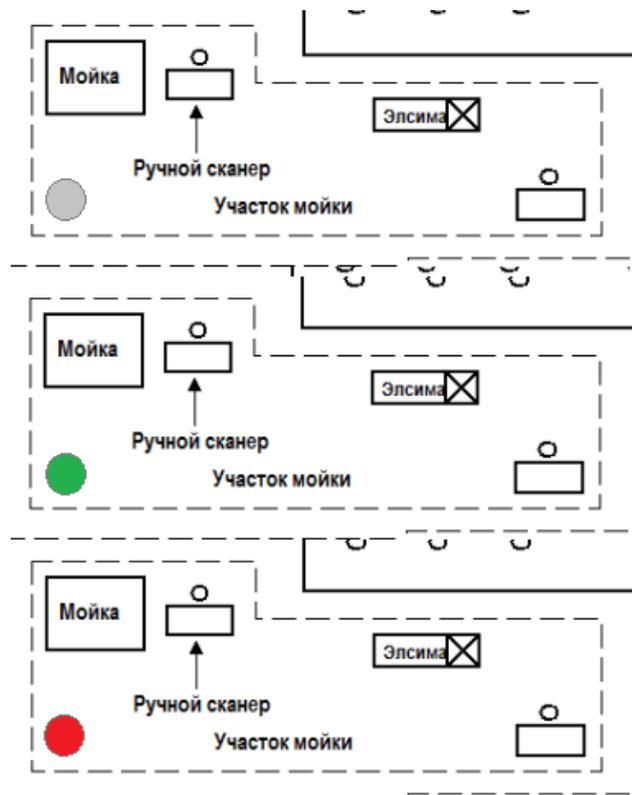


Рисунок 2 – Индикатор процесса. Серый – Процесс завершен или не запущен. Зеленый – Процесс запущен и выполняется. Красный – Ошибка в ходе работы.

## 2. Поля ввода-вывода в таблицах планирования (рисунок 3):

The image shows two screenshots of a software interface for planning tables. Each screenshot displays a form with fields for 'Articul' (Article), 'Наименование' (Name), 'Количество' (Quantity), '№ ПЗ' (Task No.), and 'Комплектовщик' (Assembler). A dropdown menu is open for the 'Комплектовщик' field, listing names such as 'Лампель Марина Александровна', 'Митрофанова Ирина Витальевна', 'Хмельницкая Анастасия Ярославовна', 'Волонин Владимир Александрович', 'Чумаков Павел Николаевич', 'Коровина Валерия Ивановна', 'Брайченко Марина Михайловна', and 'Мальчевская Анжелика Владимировна'. In the top screenshot, the 'Articul' field is highlighted in yellow and contains a dash '-'. In the bottom screenshot, the 'Articul' field is highlighted in red and contains the number '0000007266'. The 'Наименование' field in both screenshots contains the text 'Плата МА-712\_v3.03 ПСЕА.469535.042'.

Рисунок 3 – Поле ввода-вывода. Желтый – в БД отсутствуют серийные номера.

Красный – в системе АВА отсутствует ПЗ

Анимация на экранах реализована частично через VBA-скрипты, частично с помощью инструментов Infinity HMI. Пример скрипта для записи значения «Записано» в кнопку «Записать» и сверки введенного номера Производственного Задания с заданием из ERP-системы представлен в приложении 3.

### 2.5.2 Настройка передачи данных

Для непрерывного мониторинга технологических процессов, а также управления технологическим оборудованием у компании «ЭлеСи» имеется собственный программный продукт – InfinityServer, компонент SCADA Infinity, выполняющий функции сервера ввода/вывода. Применение стандарта OPC делает автоматизированную систему, созданную на базе сервера, открытой для обмена информацией со сторонними системами автоматизации. InfinityServer осуществляет сбор и обмен данными с системами автоматики и телемеханики различных производителей, логическую и математическую обработку

технологических данных, предоставление доступа к оперативным значениям технологических параметров по OPC DA, OPC HDA, OPC AE, OPC HAE [8]. В системе были использованы следующие стандарты:

«OPC DA (Data Access) — описывает набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК, РСУ, ЧМИ, ЧПУ и другими устройствами. OPC AE (Alarms & Events) — предоставляет функции уведомления по требованию о различных событиях: аварийные ситуации, действия оператора, информационные сообщения и другие. OPC HDA (Historical Data Access) — предоставляет доступ к уже сохраненным данным. Аналогично OPC HAE.» [10]

Одной из главных задач при разработке верхнего уровня АСУ ТП является создание базы сигналов. Создание дерева используемых в системе сигналов осуществлялось в специальном приложении Конфигуратор. Также для проверки правильности работы алгоритмов и работоспособности сигналов использовалась специальная утилита OPC tools.

Дерево сигналов в Конфигураторе имеет иерархическую структуру, соответственно имена сигналов включают в себя все вышестоящие сигналы и папки. Для связи с элементами мнемосхемы SCADA-системы в компоненте InfinityHMI для каждого источника данных задается псевдоним. Псевдонимы (альтернативные имена) позволяют представить строку, являющейся частью или целым именем тега, посредством другой (обычно более короткой) строки.

Применение псевдонимов обеспечивает изменение связей графических объектов с различными физическими источниками данных в режимах разработки и исполнения. Каждый графический объект, связанный с источником данных, изначально имеет свою собственную таблицу псевдонимов. Данная таблица создается автоматически при вводе альтернативного имени при определении имени источника данных.

В качестве примера рассмотрим следующее: создание экрана с таблицей недельного плана подразумевает несколько ячеек для ввода параметров плана. В Конфигураторе сигналы для задания недельного плана вложены в папку «Plan», которая находится в папке «СМРУ», т.о. сигнал, содержащий задаваемое

количество плат находится под именем «Infinity.OPCServer\CMPU.Plan.Kolvo.Kolvo1». Т.к. на данном экране недельного плана будут использоваться только сигналы, находящиеся в папке «Plan», заменим все повторяющиеся подстроки имени. В таблице 6 приведены псевдонимы для связи сигнала и графического объекта «Текст».

Таблица 6 – Задание псевдонимов

Имя объекта	Псевдоним	Определение
Группа - Текст	Server	Infinity.OPCServer\
Группа - Текст	OBJ	CMPU.Plan.
Группа - Текст	AMOUNT	Kolvo

Теперь источник сигналов выглядит следующим образом: {{{<<Server>><<OBJ>><<AMOUNT>>.Kolvo1}}}, и для задания других источников данных для других графических объектов достаточно только дописать название конкретного сигнала или выбрать другую папку сигналов из таблицы псевдонимов.

Таким образом, использование псевдонимов значительно упрощает процесс создания мнемосхем, т.к. нет необходимости прописывать имя каждого сигнала, имеющее иерархичную структуру, а достаточно использовать общие псевдонимы и название конкретного сигнала.

## 2.6 Выбор контроллерного оборудования

Для решения задач автоматизированной системы применяется ПЛК. Он используется для ввода сигналов измерения, обработки информации, генерации управляющего воздействия на исполнительный орган. Программируемый логический контроллер включает в себя: процессорный модуль, модули ввода/вывода информации.

Работа СКП включает в себя несложные процессы автоматизации, но со сравнительно большим количеством сигналов. Поэтому для разработки данной

системы используются ПЛК для малой автоматизации, который должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Работа без длительного обслуживания;
2. Модульность;
3. Приоритет отдается отечественным производителям.

Программируемый логический контроллер осуществляет сбор информации, поступающей с датчиков и формирует команды управления для исполнительных механизмов. Рассмотрим три варианта ПЛК подходящих для заданных условий и обеспечивающих нужную производительность: Modicon M238 и отечественные Элсима-M01 и Овен ПЛК 110.

В таблице 7 приведены основные технические характеристики микропроцессорных контроллеров.

Таблица 7 – Сравнительные технические характеристики контроллеров

Наименование	Modicon M238	Элсима-M01	Овен ПЛК 110
Дискретные входы	14	20	18
Дискретные выходы	10	8	12
Интерфейсы связи (количество)	RS-432/RS-485 (1); USB (1)	Ethernet (2); GSM- модем; RS-485 (1); USB (2)	Ethernet (1); RS-485 (2); RS-232 (1); USB (1)
Производительность процессора, МГц	300	400	300
Особенности и преимущества	Подключение до семи модулей расширения сигналов ввода/вывода; Ethernet (доп. шлюз)	Четыре порта (RS- 232, RS485) для увеличения количества входов/выходов, управления частотными преобразователями, подключения панелей операторов, и т.д.	Поддержка беспроводных протоколов передачи данных: 3G/LTE и Wi- Fi; подключение до четырех модулей расширения сигналов ввода/вывода

Продолжение таблицы 7 – Сравнительные технические характеристики контроллеров

Наименование	Modicon M238	Элсима-М01	Овен ПЛК 110
Аналоговые входы	8	-	4
Аналоговые выходы	6	-	2
Оперативная память, Мб	2	16	128

Из таблицы видно, что у ПЛК Modicon M238 отсутствует интерфейс Ethernet, который необходим по ТЗ для связи среднего и верхнего уровней разрабатываемой системы. Программируемые логические контроллеры производителя ЭлеСи имеет более широкий функционал, по сравнению с контроллерами фирмы ОВЕН, а также Элсима имеет больший объем оперативной памяти. К тому же, ПЛК будет использоваться в разрабатываемой системе компании «ЭлеСи», которая является производителем рассматриваемого ПЛК Элсима-М01. Данный факт говорит о том, что использование ПЛК Элсима-М01 наиболее экономически выгодно.



Рисунок 4 – Элсима-М01

Элсима-М01 [9] необходим для построения различного рода систем автоматизации (низкой и средней степени сложности). Контроллер имеет модульную конструкцию и включает в себя следующие модули, которые могут быть использованы при расширении разрабатываемой системы:

1. Модуль центрального процессора;
2. Блоки питания;
3. Сигнальные модули;
4. Коммуникационные модули;
5. Функциональные модули;
6. Интерфейсные модули.

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы контроля производства печатных плат для АО «Элеси». С помощью данной системы возможны задание производственного плана непосредственно с рабочего места начальника цеха, а также автоматический контроль за процессами производства продукции в цеху. Таким образом, система контроля производства позволит достичь положительного экономического эффекта посредством сокращения времени на планирование производства одной партии и времени на исправление аварийных ситуаций, благодаря оперативному оповещению.

К задачам раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно отнести следующее:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности разрабатываемой системы;
- выполнение SWOT-анализа;
- составление календарного плана-графика выполнения работ; (планирование научно-исследовательских работ);
- определение величины капитальных вложений на разработку системы автоматизированного контроля;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом поставленных задач необходимо сформировать содержание данного раздела, провести необходимые расчеты и сформулировать соответствующие им выводы.

### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются предприятия, выпускающие серийную продукцию и использующие в своем производстве АСУ ТП. Данная система разрабатывается для АО «Элеси» для контроля за производством печатных плат для контроллеров.

В таблице 8 приведены основные сегменты рынка, которые разделены по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Элком+», «В» - ООО «ИндаСофт», «С» - АО «ЭлеСи».

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка

		Вид деятельности		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Внедрение SCADA-системы
Размер компании	Крупные	С	В	С
	Средние	А, В, С	А, В	А, С
	Мелкие	А, В, С	А, В	А, С

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

#### 3.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это метод планирования, который заключается в том, чтобы выявить факторы внутренней и внешней среды проекта, и делении их на 4-ре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). SWOT- анализ проводится в

несколько этапов. Первый – описание сильных и слабых сторон проекта, а также обнаружение возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 9 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Не требуется уникальное оборудование.</p> <p>С2. Квалифицированный персонал.</p> <p>С3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика.</p> <p>С4. Низкая стоимость.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Применение только в производственной отрасли.</p> <p>Сл2. Отсутствие прототипа проекта.</p> <p>Сл3. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Повышение производительности производства.</p> <p>В2. Сотрудничество с компаниями-разработчиками АСУ.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Использование существующего программного обеспечения.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Развитая конкуренция с другими разработчиками.</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p>		

Второй этап – обнаружение соответствий сильных и слабых сторон разработанного проекта условиям окружающей среды. Этап нужен для выявления необходимости стратегических изменений.

Знак «+» - сильное соответствие сильных сторон возможностям, «-» - слабое соответствие, «0» - в случае сомнений.

Интерактивные матрицы приведены в таблицах 10-13.

Таблица 10 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	0	0
	B2	0	0	0	0
	B3	0	0	+	+
	B4	0	+	+	0

Таблица 11 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Возможности проекта	Слабые стороны			
		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	0	-
	B2	-	-	-
	B3	0	-	-
B4	0	0	-	

Таблица 12 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	0	-
	У2	0	-	+	-

Таблица 13 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	-	+
	У2	0	+	+

На третьем этапе должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 14 – Матрица SWOT

		<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
		С1. Не требуется уникальное оборудование С2. Квалифицированный персонал С3. Возможность перестройки системы в соответствии с требованиями заказчика С4. Низкая стоимость	Сл1. Применение только в производственной отрасли Сл2. Отсутствие прототипа проекта Сл3. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров
<b>Возможности</b>	В1. Повышение производительности производства В2. Сотрудничество с компаниями-разработчиками АСУ В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Использование существующего программного обеспечения	В3С4 – увеличение прибыли В4С2 – нет необходимости обучать персонал для использования проекта В4С3 – повышение качества продукции	В4Сл3 – разработка инструкций и руководств

## Продолжение таблицы 14 – Матрица SWOT

		<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<b>Угрозы</b>	У1. Развитая конкуренция с другими разработчиками У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства	У2С3 – выполнение работ под индивидуальные требования клиента	У2СЛ1 – разработка аналогичного проекта для других отраслей

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Однако, слабые стороны проекта в сочетании с внешними угрозами ставят под вопрос будущее развитие проекта. Для их минимизации необходимо продолжать работу по расширению функционала программного обеспечения.

### **3.2 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Изучение документации и материалов	Студент
	3	Изучение технологических процессов производства	Студент
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, Студент

Продолжение таблицы 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технической документации и проектирование	5	Разработка блок-схемы, структурной схемы	Студент
	6	Составление схемы информационных потоков	Студент
	7	Выбор технических средств автоматизации	Руководитель, Студент
	8	Разработка алгоритмов сбора данных	Студент
	9	Разработка алгоритмов задания производственного плана	Студент
	10	Разработка экранных форм	Студент
Оформление отчета по НИР	11	Проверка работы с руководителем	Руководитель, Студент
	12	Составление пояснительной записки	Студент

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для расчета ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Из ожидаемой трудоемкости работ определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающую параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожіi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожіi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 5).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности:  $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 118) = 1,48$ .

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительн ость работ в раб. днях $T_{pi}$		Длительн ость работ в календ. днях $T_{ki}$	
	$t_{\min}$ , чел- дни		$t_{\max}$ , чел- дни		$t_{\text{ожид}}$ , чел -дни		Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель				
1. Составление и утверждение технического задания	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
2. Изучение документации и материалов	10	-	18	-	13,2	-	13,2	-	20	-
3. Изучение технологических процессов производства	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
4. Календарное планирование работ	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
5. Разработка блок-схемы, структурной схемы	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	6	-
6. Составление схемы информационных потоков	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
7. Выбор технических средств автоматизации	3	3	5	5	3,8	3,8	3,8	3,8	6	6
8. Разработка алгоритмов сбора данных	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
9. Разработка алгоритмов задания производственного плана	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
10. Разработка экранных форм и отладка	30	-	45	-	36	-	53,3	-	53	-

Продолжение таблицы 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в раб. днях $T_{pi}$	Длительность работ в календ. днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожид}$ , чел-дни					
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
11.Проверка работы с руководителем	3	3	5	5	3,8	3,8	3,8	3,8	6	6
12.Составление пояснительной записки	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
Итого									108	15

На основе таблицы 16 построим диаграмму Ганта, представляющую из себя горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 17 – План-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																		
				февр.		март			апрель			май			июнь							
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2						
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2																			

Продолжение таблицы 17 – План-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
2	Изучение документации и материалов	Студент	20	■													
3	Изучение технологических процессов производства	Студент	3			■											
4	Календарное планирование работ	Руководитель, Студент	1			▨											
5	Разработка блок-схемы, структурной схемы	Студент	6			■											
6	Составление схемы информационных потоков	Студент	6			■											
7	Выбор технических средств автоматизации	Руководитель, Студент	6				▨	■									

### 3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} , \quad (5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.
Контроллер Элсима-М01	шт.	8	35 600	284 800
Сканер Metrologic MS1690 Focus	шт.	8	13 500	129 600
Сканер Honeywell 7580G	шт.	9	8 900	96 120
Итого				510 520

#### 3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Элеси. В таблице 19 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	SCADA Infinity	1	87 500	87 500
Итого:				87 500

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме и рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 20).

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные дни, праздничные дни)	119	119
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (8)$$

где  $Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{tc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Оплаты труда рассчитываются на основании отраслевой системы оплаты труда в ТПУ в соответствии с должностными окладами, где руководитель – доцент, кандидат технических наук. В таблице 21 приводится расчет основной заработной платы.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{tc}$ , руб	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23 264	1,3	30 243,2	1 588,53	15	23 827,95
Студент	5 461	1,3	9 577,1	572,42	103	58 959,26

### 3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (9)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем  $k_{доп} = 0,13$ .

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная заработная плата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{доп}$ )	Дополнительная заработная плата (руб.)
Руководитель	23 827,95	0,13	28 593,54

Продолжение таблицы 22 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная заработная плата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{\text{доп}}$ )	Дополнительная заработная плата (руб.)
Студент	58 959,26	0,13	7 075,08
Итого:			35 668,62

### 3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	23 827,95	28 593,54
Студент	58 959,26	7 075,08
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Руководитель	52 421,49	
Студент	66 034,34	

### 3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Коэффициент накладных расходов принимается равным 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (510\,520 + 87\,500 + 82787,21 + 35668,62 + 118455,83) \cdot 0,16 = 133\,589,07$$

### 3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Определение бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	510 520
2. Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ	87 500
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	82787,21
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	35668,62
5. Отчисления во внебюджетные фонды	118455,83
6. Накладные расходы	133 589,07
7. Бюджет затрат НИИ	968 520,73

### 3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Примем, что стоимость выполнения проекта АСУ ЭГ в компании «Элком+», равняется 1 200 000 руб, в компании «СКАД тех» 1 400 000 руб, у студента с руководителем на 20-30% дешевле, т.е 968 520,73 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Элком+}} = \frac{1\,200\,000}{1\,400\,000} = 0,86 \quad (13)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{СКАД тех}} = \frac{1\,400\,000}{1\,400\,000} = 1 \quad (14)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипс.студент}} = \frac{968\,520,73}{1\,400\,000} = 0,69 \quad (15)$$

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Студент	СКАД тех	Элком+
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5	4	3

Продолжение таблицы 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Студент	СКАД тех	Элком+
3. Помехоустойчивость	0,05	3	5	3
4. Энергосбережение	0,1	3	5	5
5. Надежность	0,2	4	4	4
6. Материалоемкость	0,1	4	4	4
Итого	1	27	24	23

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности:  $I_{\text{студент}} = 4,4$ ;  $I_{\text{СКАД тех}} = 4,45$ ;  $I_{\text{Элком+}} = 4,1$ .

Рассчитаем интегральные показатели эффективности:

$$I_{\text{студент}} = \frac{4,4}{0,69} = 6,38 \quad (16)$$

$$I_{\text{СКАД тех}} = \frac{4,45}{1} = 4,45 \quad (17)$$

$$I_{\text{Элком+}} = \frac{4,1}{0,86} = 4,77 \quad (18)$$

Рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{6,38}{6,38} = 1 \quad (19)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{4,45}{6,38} = 0,7 \quad (20)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{4,77}{6,38} = 0,75 \quad (21)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Студент	СКАД тех	Элком+
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,69	1	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,45	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	6,38	4,45	4,77
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,7	0,75

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что разработанный проект выделяется по таким показателям как: эффективность и финансовый показатель. По ресурсоэффективности данный проект не сильно отстает от лидера по этому показателю.

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

- 1) SWOT-анализ дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя среды проекта;
- 2) была разработана таблица временных показателей, рассчитана заработная плата разработчиков системы;
- 3) затраты на разработку системы составили 968 520,73 руб.;
- 4) проведена оценка ресурсоэффективности проекта (4,4 по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности реализации данного технического проекта.

## **4 Социальная ответственность**

Данный раздел выпускной квалификационной работы рассматривает вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора комплексом мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности

В ВКР рассматривается разработка системы контроля производства печатных плат для компании АО «Элеси». Система предназначена для автоматизированного контроля за процессами производства на всех участках в цеху, а также для задания производственного плана непосредственно с рабочего места начальника. Информация о производственных процессах поступает через ручные и автоматические USB-сканеры на ПЛК, а далее на экраны мониторов операторов системы. Задачей оператора является контроль за состояниями производственных процессов на участках и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций.

В связи с этим будут разработаны меры по защите и снижению негативного влияния производственных факторов для рабочего места оператора согласно требованиям, а также даны рекомендации для создания благоприятных условий труда и охраны окружающей среды. Персонал будет работать с таким оборудованием как ПЭВМ, сканеры и ПЛК.

### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном подразделе рассматриваются специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Согласно [11] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие

непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех-бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [11] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Требования к организации рабочих мест пользователей:

– Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»;

– Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее (60-120) см.

#### **4.2 Производственная безопасность**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [12]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 2.2.4.548 – 96 [15]
2.Превышение уровня шума		+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [16]
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 [17] СП 52.13330.2011 [18]
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	
5.Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19]
6.Электробезопасность	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [20]
7.Пожаровзрывобезопасность		+	ГОСТ 12.1.004-91 [21]

### 4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### 4.3.1 Отклонения показателей микроклимата

Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются: температура, подвижность и влажность воздуха. Отклонение данных параметров от нормы приводит к ухудшению самочувствия работника, снижению производительности труда и к возникновению различных заболеваний.

Повышенная температура воздуха приводит к утомляемости работника, перегреву его организма и даже может стать причиной теплового удара.

Пониженная температура воздуха способствует охлаждению организма, что приводит к простудным заболеваниям, либо обморожениям.

Повышенная относительная влажность в сочетании с высокой температурой воздуха может привести к перегреву организма, а в сочетании с низкой температурой – к увеличению теплоотдачи с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению [13].

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают категорию выполняемых работ, сезон, а также количество избыточного тепла в помещении. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [13] и приведены в таблице 28, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 29.

Таблица 28 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	(23 – 25)	(40 – 60)	0,1
Теплый	Категория 1а	(20 – 22)	(40 - 60)	0,1

Таблица 29 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	(20,0 - 21,9)	(24,1 - 25,0)	(15 – 75)	0,1	0,1

Продолжение таблицы 29 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Теплый	Категория 1а	(21,0 - 22,9)	(25,1 - 28,0)	(15 – 75)	0,1	0,2

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [13].

#### 4.3.2 Превышение уровня шума

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Он может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне.

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на (5 – 12) % производительность труда. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90 дБ снижает производительность труда на (30 – 60) %. Неблагоприятное действие

шума на человека зависит не только от уровня звукового давления, но и от частотного диапазона шума (наиболее важный для слухового восприятия интервал от 45 до 10000 Гц), а также от равномерности воздействия в течение рабочего времени

По нормам (СП 51.13330.201) при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 75 дБ [20].

Для снижения уровня шума применяют: подавление шума в источниках; звукоизоляция и звукопоглощение; увеличение расстояния от источника шума; рациональный режим труда и отдыха.

#### **4.3.3 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света**

По санитарно-гигиеническим нормам рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Отсутствие хорошего освещения может привести к профессиональным заболеваниям, а также ухудшению концентрации работников. Работа инженера-программиста в основном проводится за дисплеем персонального компьютера, что вынуждает его работать с контрастным фоном, в случае недостаточной освещённости рабочего места. В результате у работника может ухудшиться зрения, а также возникнуть переутомление. То же самое происходит и при избыточном освещении помещения.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет (0.5 – 1) мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности [18] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещённости для работы за ПК приведено в таблице 30.

Таблица 30 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительно-рабочей работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение			Естественное освещение	
			Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Объединённый показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации и освещённости КП, %, не более	КЕО еН, %, при	
						При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Различение объектов высокой точности	3	б	200	25	15	3,0	1,2

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 31. [16]

Таблица 31 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	(300 – 500) лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блесккость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
– между рабочими поверхностями	3:1 – 5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5 %

В случае отключения рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение  $E = 10$  лк.

Эвакуационное освещение предусмотрено в проходах, на лестницах, которое обеспечивает освещенность в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях 0,2 лк.

Светильники аварийного освещения присоединяются к независимому источнику питания, а светильники для эвакуации людей к сети независимого от рабочего освещения. Для аварийного освещения применяют светильники с лампами накаливания.

#### 4.3.4 Электромагнитное излучение

Основным вредным фактором, воздействию которого подвергается инженер при работе за компьютером, является электромагнитное излучение. Оно пагубно влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также способствует ослаблению памяти и возникновению онкологических заболеваний.

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

С целью снижения вредного влияния электромагнитного излучения при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования [17]:

1. Длительность работы без перерыва взрослого пользователя должна быть не более 2 ч. В процессе работы следует менять содержание и тип деятельности

(чередовать ввод данных и редактирование). Согласно требованиям санитарных норм, необходимы обязательные перерывы при работе за компьютером, во время которых рекомендовано делать упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

2. Рабочее место с компьютером должно располагаться по отношению к окнам таким образом, чтобы лучи света падали слева. Если в помещении находится несколько компьютеров, то расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Оптимальным расстоянием между экраном монитора и глазами работника является 60 см, но не ближе 50 см.

#### **4.4 Анализ опасных факторов**

##### **4.4.1 Электробезопасность**

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основными причинами воздействия тока на человека являются:

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
2. Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;
3. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;
4. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
5. Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;
6. Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 [18] предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1 мА соответственно, для переменного тока (частота 50 Гц) - не более 2,0 В и 0,3 мА соответственно.

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Сканеры работают от постоянного тока под напряжением (2 – 5) В. Для защиты от статического электричества корпуса сканеров заземляются. ПЛК вместе с дополнительным оборудованием (модули ввода/вывода, модуль связи и т.п.) питаются от промышленной сети (220 В, 50 Гц), что является источником повышенной опасности.

Согласно с [21] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка. Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [18]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия.

## **4.5 Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате разработки и реализации, предлагаемых в ВКР решений.

Охрана окружающей среды сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

Одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

Утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведенных для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенным требованиям [22].

## **4.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.6.1 Пожарная безопасность**

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [21]. Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: работа с открытой электроаппаратурой; короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки; нарушенная изоляция электрических проводов; несоблюдение правил пожарной безопасности; наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.; наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

Источниками зажигания в диспетчерской могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара.

Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; наличие гидрантов с пожарными рукавами; телефонная связь с пожарной охраной; огнетушители: химический пенный ОХП-10 и углекислотный ОУ-2.

Основными мероприятиями, обеспечивающими успешную эвакуацию людей и имущества из горящего здания, являются:

- составление планов эвакуации;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц;

- ознакомление сотрудников с планом эвакуации, который должен висеть на видном месте (рисунок 5).

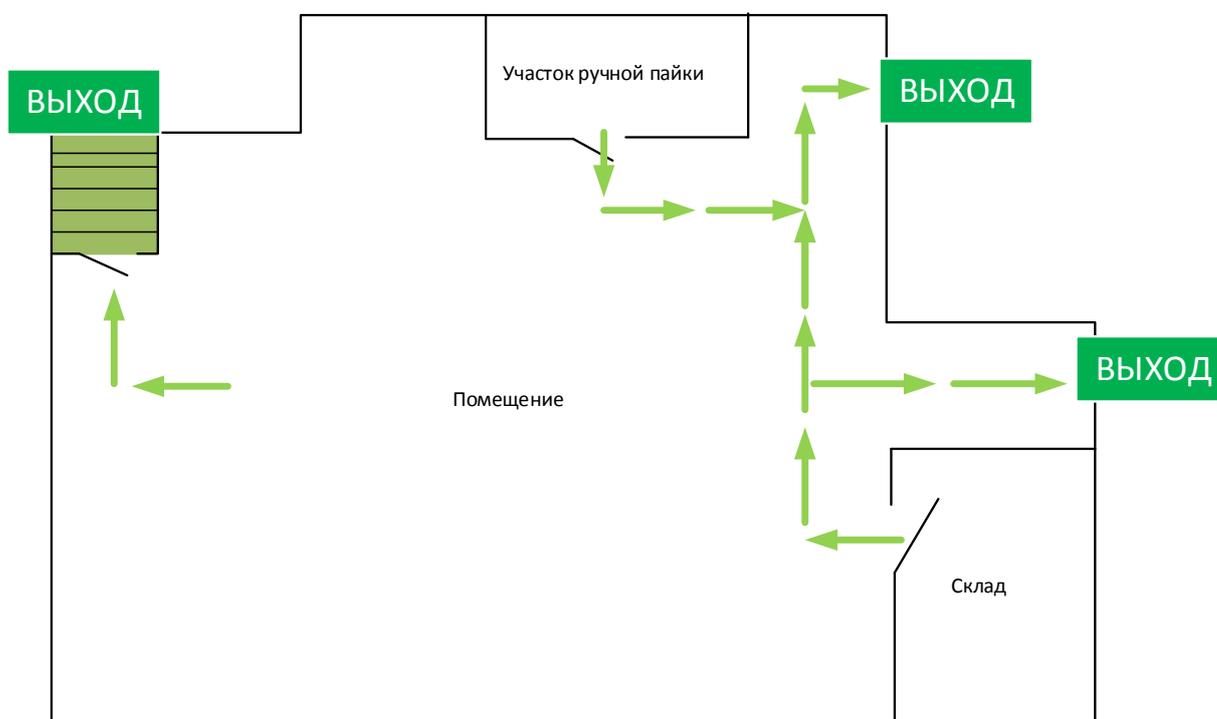


Рисунок 5 – План эвакуации

Выводы: в результате выполнения раздела «Социальная ответственность» были сформулированы вредные и опасные факторы, их влияние на человека и предложены меры по снижению или предотвращению негативных последствий рассмотренных факторов. Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: отклонение показателей микроклимата от нормы, превышение уровня шума, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, электромагнитные излучения. Также рассмотрены экологическая безопасность, электробезопасность и пожарная безопасность. Наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера в результате производственных аварий и пожаров. Предлагаемые меры позволят повысить безопасность при эксплуатации разработанной системы.

## Заключение

Результатом выполнения работы стала система контроля производства печатных плат. В ходе выполнения ВКР был изучен технологический процесс изготовления печатных плат. Были разработаны структурная схема и схема информационных потоков СКП, позволяющие определить состав необходимого оборудования и структуру передачи данных и сигналов, реализована обработка и отображение входящих сигналов с ПЛК и связь с ERP-системой. Также подобрано современное оборудование, которое способно работать с необходимыми технологическими параметрами, а именно и контроллер Элсима-М01. Для работы разработанного проекта используется программный SCADA-пакет Infinity.

Для планирования и контроля производства на технологическом оборудовании были разработаны алгоритмы планирования и сбором данных. В заключительной части ВКР были разработаны дерево экранных форм и экранные формы.

Таким образом, спроектированный верхний уровень СКП не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную систему в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

## **Conclusion**

As a result of the work, a control system for the production of printed circuit boards was developed. In the course of the work, the technological process of manufacturing printed circuit boards was studied. A block diagram and a scheme of information flows of the developed system were developed, which allows to determine the composition of the necessary equipment and the structure of data and signals transmission. Processing and displaying of incoming signals with PLC and communication with ERP-system were also implemented. Also selected modern equipment that is able to work with the necessary technological parameters, namely the controller Elsim-M01. For the work of the developed project, the software SCADA package Infinity was used.

For planning and control of production on the technological equipment algorithms of planning and data collection were developed. In the final part of the work the tree of screen forms and screen forms were developed.

Thus, the designed upper level of the developed system not only meets the current requirements for the automation system, but also has a high flexibility that allows you to change and upgrade the developed system in accordance with the increasing requirements throughout the life of the requirements. In addition, the SCADA package, which is used at all levels of automation, allows the customer to reduce the cost of personnel training and operation of systems.

## Список литературы

1. Федоров Ю. Н., Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП. - М.: Инфра-Инженерия, 2011. - 576 с.
2. Втюрин В. А., Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП. СПб.: Санкт-Петербургская Государственная Лесотехническая Академия имени С.М. Кирова, 2006. — 152 с.
3. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
4. Технология поверхностного монтажа. Автоматическая установка компонентов: учебное пособие / Г.Д. Богачек, И.В. Букрин, В.И. Иевлев; под общ. ред. В.И. Иевлева.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 104 с.
5. ГОСТ 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – М.: Стандартинформ, 2010.
6. Состав SCADA Infinity [Электронный ресурс] / URL: <http://elesy.ru/scada-infinity/description/components.aspx>, свободный. – Дата обращения: 22.05.2019 г.
7. SCADA Infinity 1. Программное обеспечение. SCADA Infinity SCADA для создания систем управления непрерывным производством 1-1 [Электронный ресурс] / URL: <http://docplayer.ru/26099169-Scada-infinity-1-programmnoe-obespechenie-scada-infinity-scada-dlya-sozdaniya-sistem-upravleniya-nepreryvny-proizvodstvom-1-1.html>, свободный. – Дата обращения: 20.05.2019 г.
8. Описание компонента InfinityServer [Электронный ресурс] / URL: <http://elesy.ru/scada-infinity/description/components/infinity-server.aspx>, свободный. – Дата обращения: 20.05.2019 г.
9. Программируемый логический контроллер Элсима-М01. Технические характеристики [Электронный ресурс] / URL:

<http://elesy.ru/products/products/elsyma/elsyma-m01/ti.aspx>, свободный. – Дата обращения: 20.05.2019 г.

10. OPC-интерфейсы автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс] / URL: <https://bourabai.ru/dbt/opc.htm>, свободный. – Дата обращения: 20.05.2019 г.

11. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.

12. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

13. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

14. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.

16. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

18. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

19. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

20. СП 51.13330.2011. Защита от шума.

21. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд–во Юрайт, 2013. – 671с.

22. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения»

# Приложение А

## (рекомендуемое) Структурная схема СКП

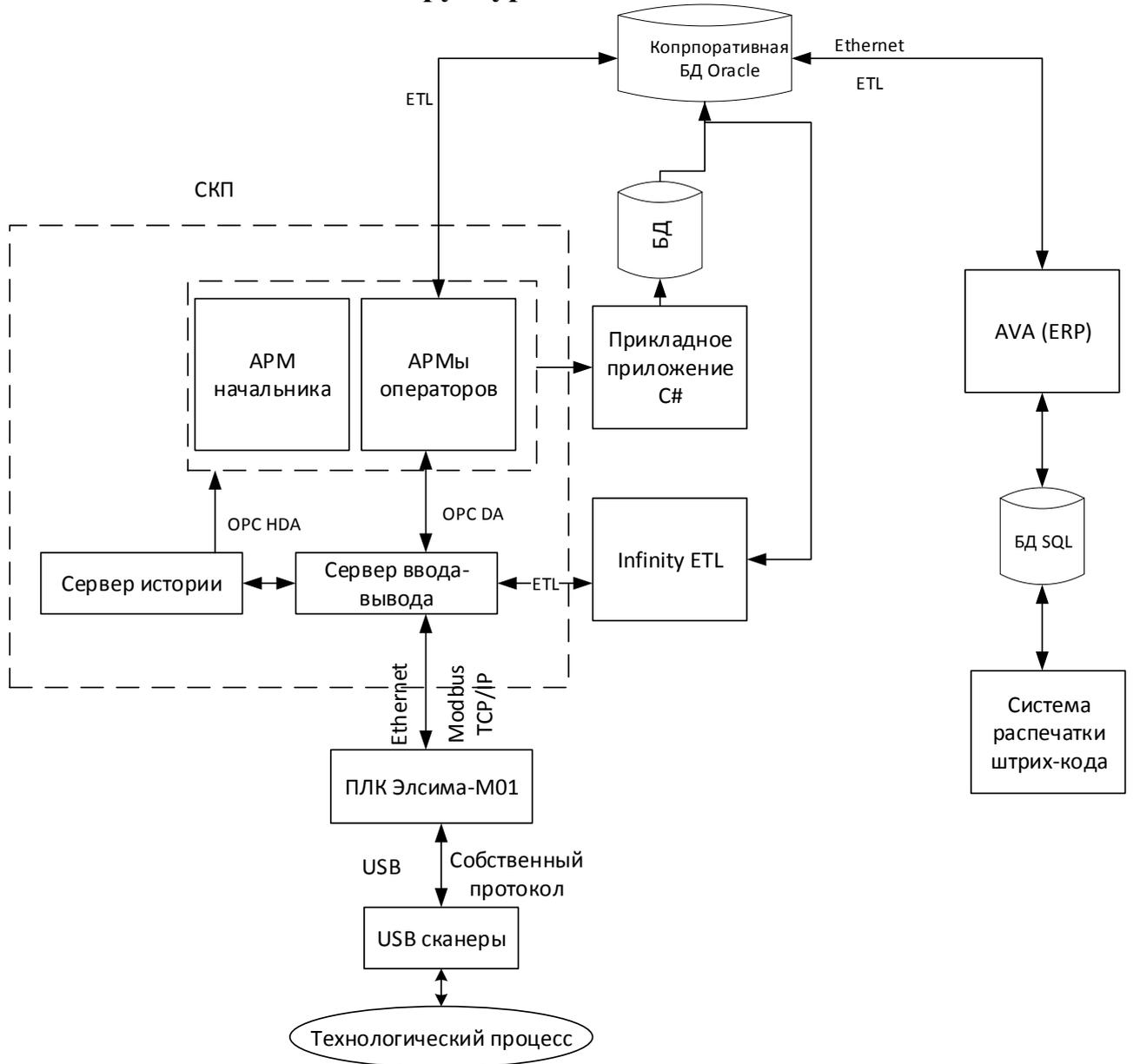


Рисунок А.1 – Структурная схема системы

## Приложение Б

(рекомендуемое)

### Схема информационных потоков

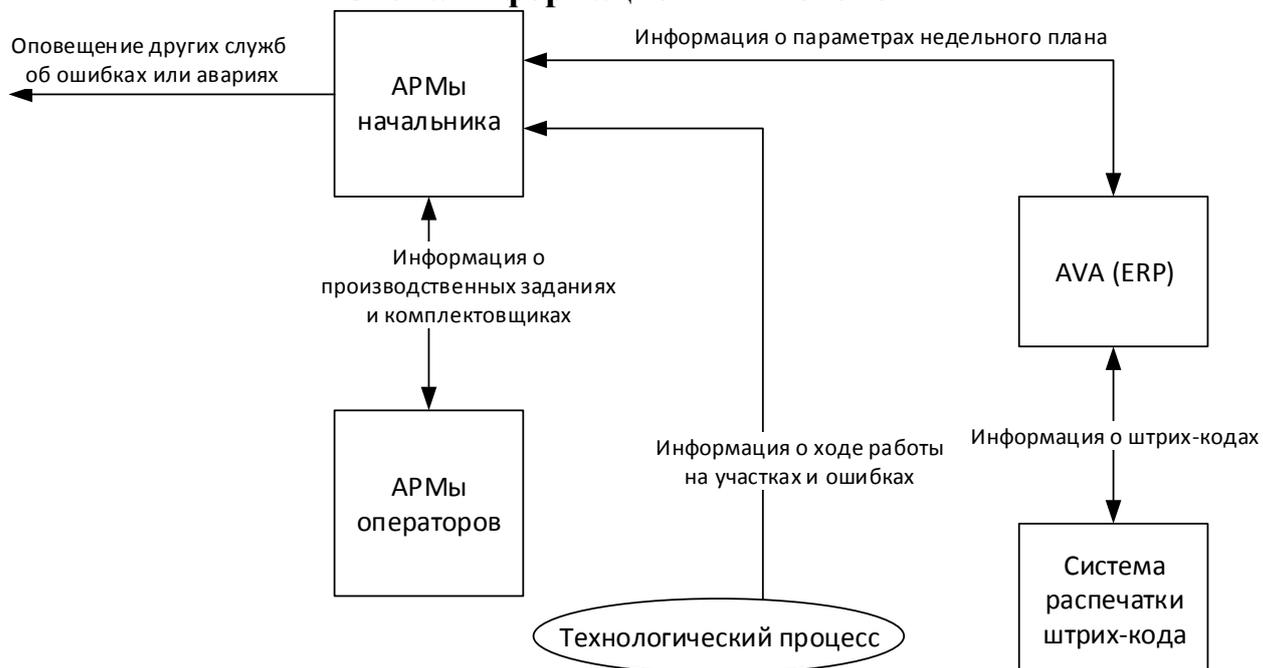


Рисунок Б.1 – Схема информационных потоков верхнего уровня системы

## Приложение В

(рекомендуемое)

### Перечень сигналов

Таблица Е.1 – Перечень вход-выходных сигналов

Описание сигнала	Идентификатор сигнала	Тип
Артикул платы	'CMPU.Plan.Article.Article1'	String
Ввод количества продукции	'CMPU.Plan.Kolvo'	Int
Ввод Производственного Задания (ПЗ)	'CMPU.Plan.PZ'	String
Кнопка "записать"	'CMPU.Plan.Write_down'	Bool
Если введено меньше чем 10 символов, добавить нулей до десяти знаков	'CMPU.Plan.Article.Article1.Len'	String
Проверка с каким артикулом из введенных совпадает и присваивание номера ограничения	'CMPU.Plan.Article.Article1.Ogr1'	String
Отображение наименований в зависимости от введенного артикля	'CMPU.Plan.Name'	String
Если введенное ПЗ такое же, как и полученное из АВА, то 1	'CMPU.Plan.PZ.PZ1.Check'	Bool
ФИО, вводимые в таблицу комплектования. ФИО «вводится» посредством выбора в выпадающем списке ячейки ввода	'CMPU.Kompl.FIO'	String

Продолжение таблицы Е.1 – Перечень вход-выходных сигналов

Описание сигнала	Идентификатор сигнала	Тип
Кнопка "записать" в таблице комплектования	'CMPU.Kompl.Write_down_Kompl'	Bool
Получение персонального кода работника	'CMPU.Code.Personal_Code'	String
Штрих-код сканера - 38 символов	'CMPU.Code.Code_from'	String
Изменение кода ограничений	'CMPU.Code.New_Code.New_Ogranich'	String
Изменение кода фирмы производителя	'CMPU.Code.New_Code.New_Kod_firmy'	String
Получить подстроку из 'CMPU.Code.Code_from', с кодом фирмы	'CMPU.Code.Code_from.Kod_firmy'	String
Если 'CMPU.Code.Code_from' 28 знаков, то нет серийного номера	'CMPU.Code.Code_from.without_serial'	String
Получить подстроку с кодом ограничения	'CMPU.Code.Code_from.Ogranich'	String
Получить подстроку с номером партии	'CMPU.Code.Code_from.Nomer_partii'	String
Получить подстроку с серийным номером. Если номера нет – 10 нулей на выводе	'CMPU.Code.Code_from.serial'	String
Получить подстроку с артикулом партии	'CMPU.Code.Code_from.Article'	String
Измененный Штрих-код сканера - 38 символов (если была необходимость изменить)	'CMPU.Code.New_Code'	String
Оповещение сообщением об отсутствии серийного номера	'CMPU.Code.Problem'	String
Общее количество плат с кодом "НСП"	'CMPU.NSP'	Int
Оповещение обо всех полученных управляющих кодах	'CMPU.Information'	String
Сигналы на участке Siemens (для остальных участков аналогично):		
Подсчет продукции с кодом «НСП»	'CMPU.LineSMT_Siemens.work.NSP'	Int

Продолжение таблицы Е.1 – Перечень вход-выходных сигналов

Описание сигнала	Идентификатор сигнала	Тип
Сигналы на участке Siemens (для остальных участков аналогично):		
Получить подстроку с ограничением	'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Ogranichenie_SMTSiemens'	String
Приравнивание этому сигналу значения из плана	'CMPU.LineSMT_Siemens.Name'	String
Штрих-код продукции с конвейерного сканера	'CMPU.LineSMT_Siemens.Scaner_na_linii.Code'	String
Подсчет пройденных плат	'CMPU.LineSMT_Siemens.Scaner_na_linii.count'	String
Преобразование получаемых управляющих кодов в сообщения о процессах	'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Process'	String
Если в полученной подстроке содержатся коды ограничения, то стоп	'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Ogranichenie_SMTSiemens.stop'	String
Вывод информации на экран работника	'CMPU.LineSMT_Siemens.work.Display.Process' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Article' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.NSP' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Projdeno' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Ost' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Number_part' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.Name' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.FIO' 'CMPU.LineSMT_Siemens.Display.chislo_plat'	String

# Приложение Г

(рекомендуемое)

## Алгоритм задания плана

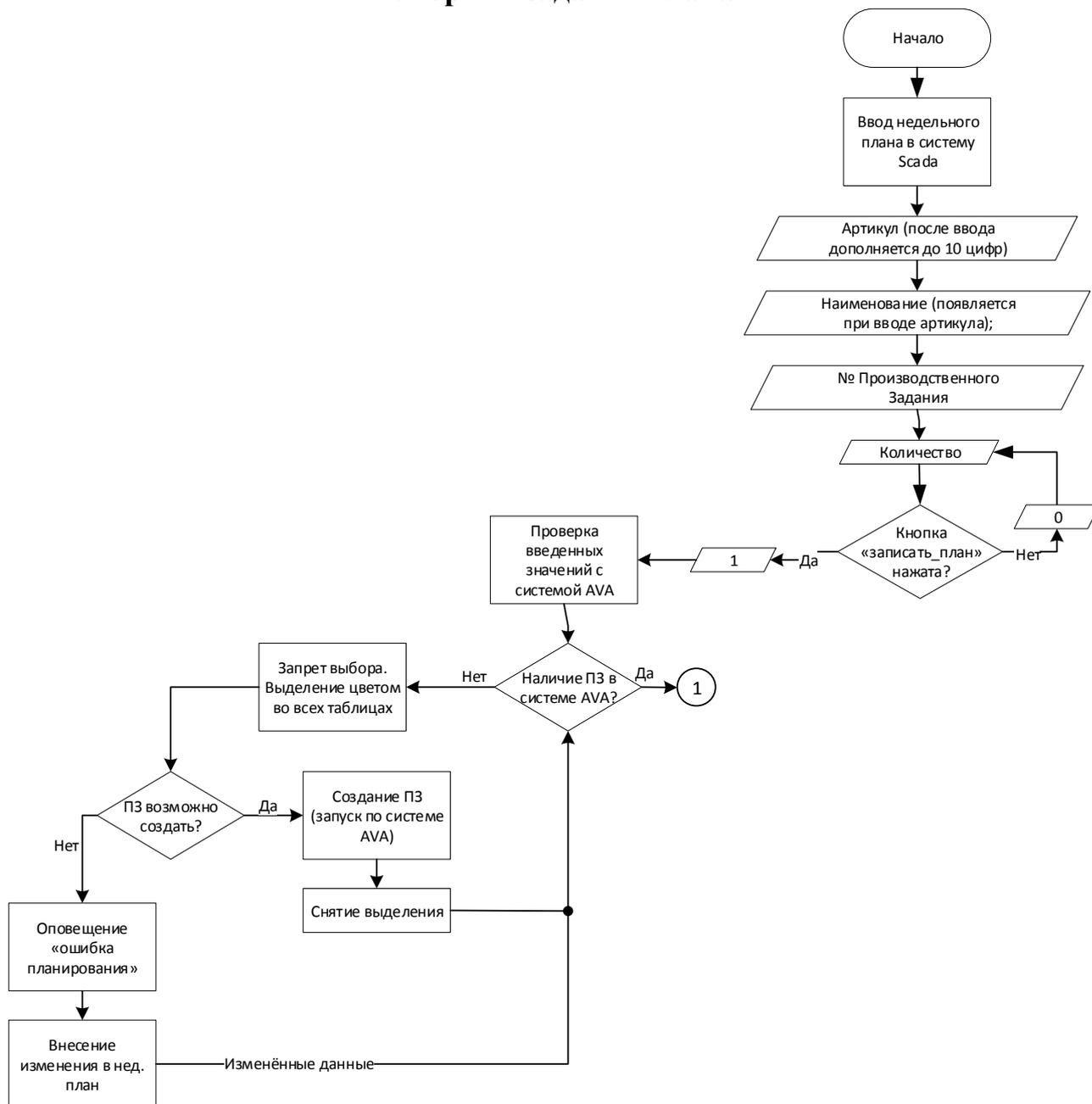


Рисунок В.1 – Блок-схема алгоритма задания плана

# Приложение Д

(рекомендуемое)

## Алгоритм запуска задания в производство

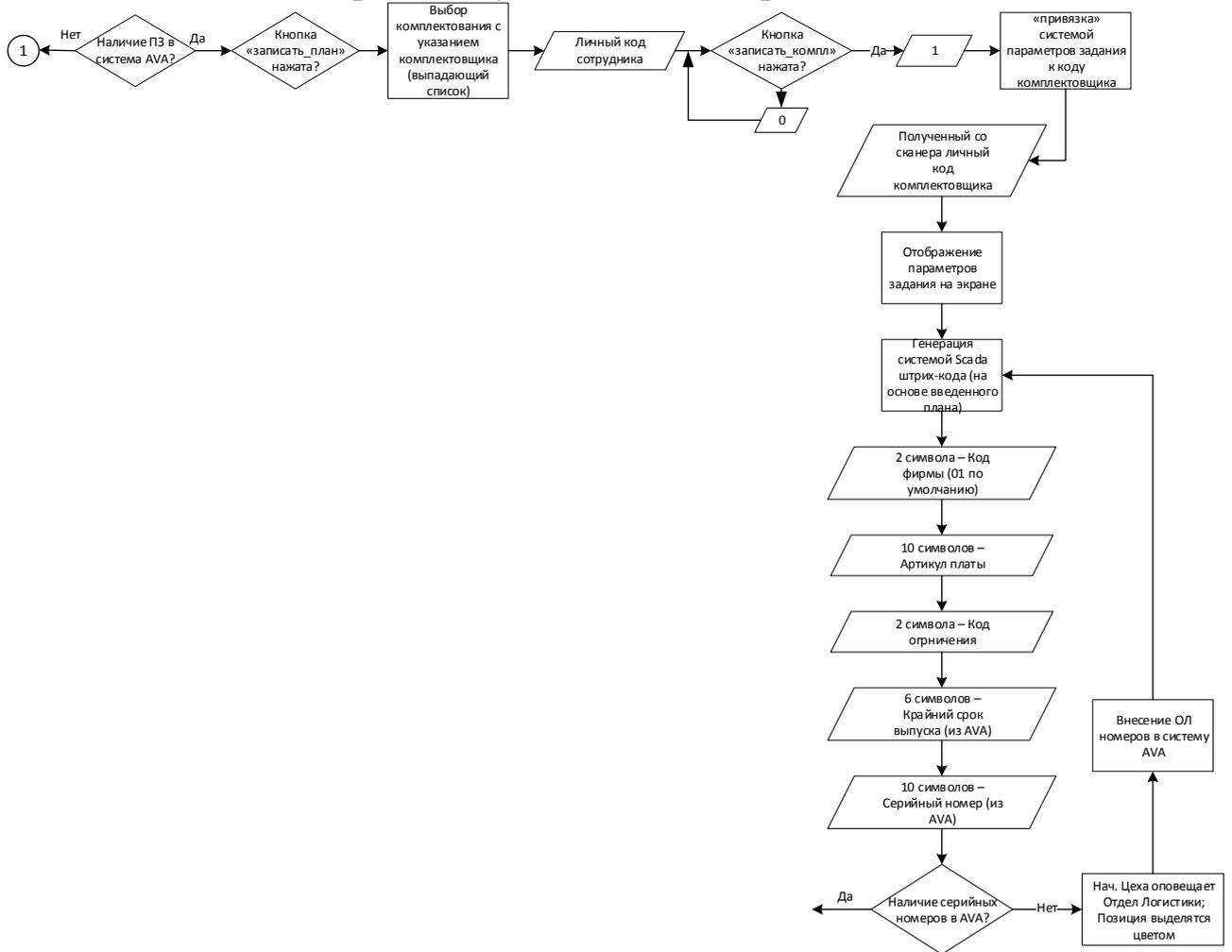


Рисунок Г.1 – Блок-схема алгоритма указания комплектующих и запуска задания в производство

## Приложение Е

(рекомендуемое)

### Алгоритм работы на участках (участок прошивки плат)

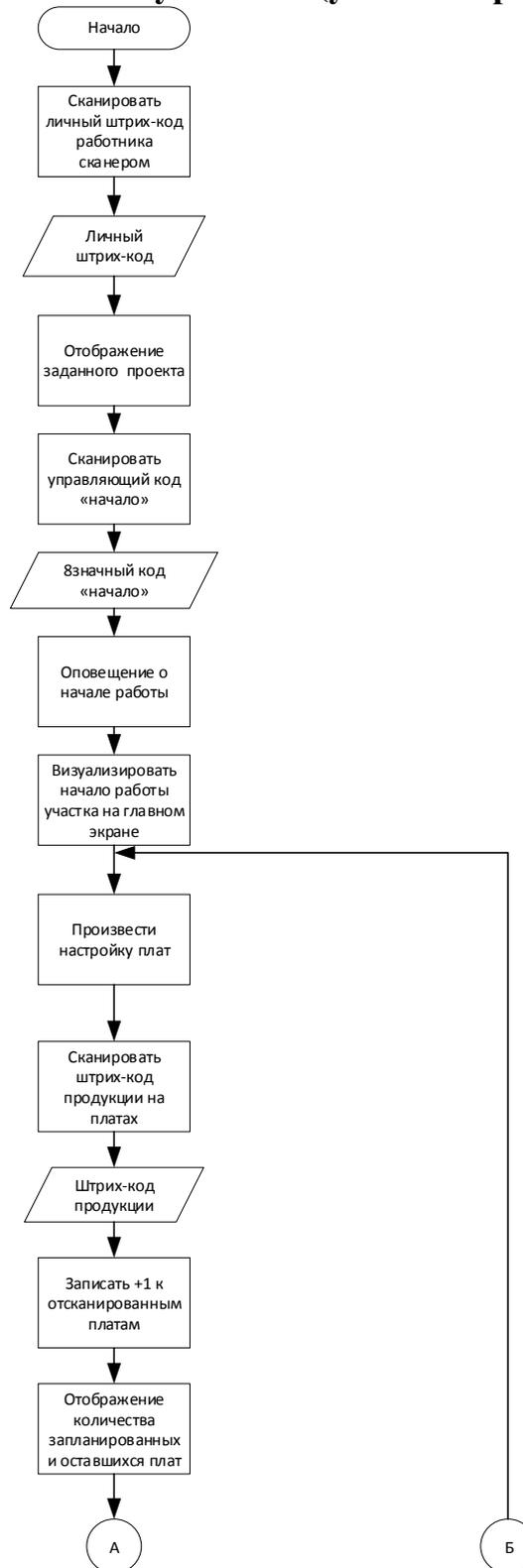


Рисунок Д.1 – Блок-схема алгоритма работы на участке прошивки плат

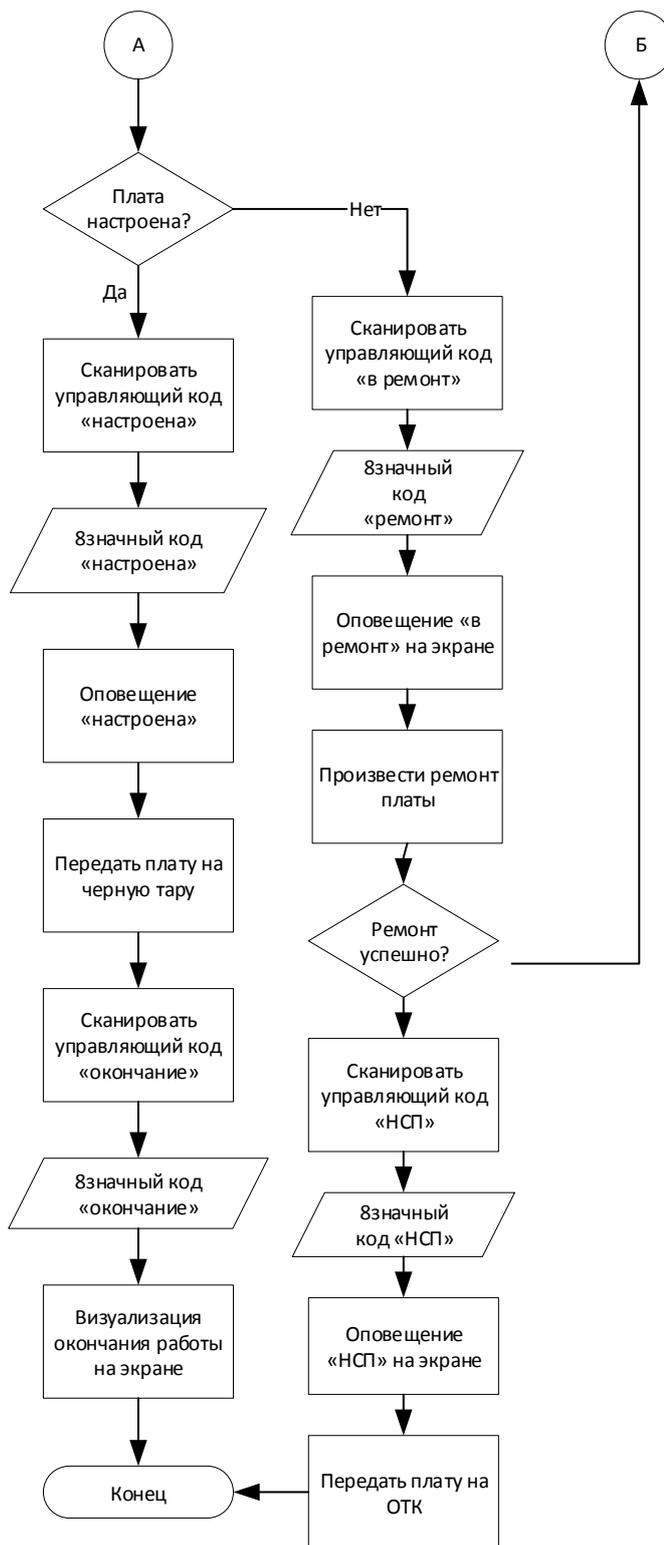


Рисунок Д.2 – Продолжение блок-схемы алгоритма работы на участке прошивки плат

# Приложение Ж

(рекомендуемое)

## Экранная форма цеха

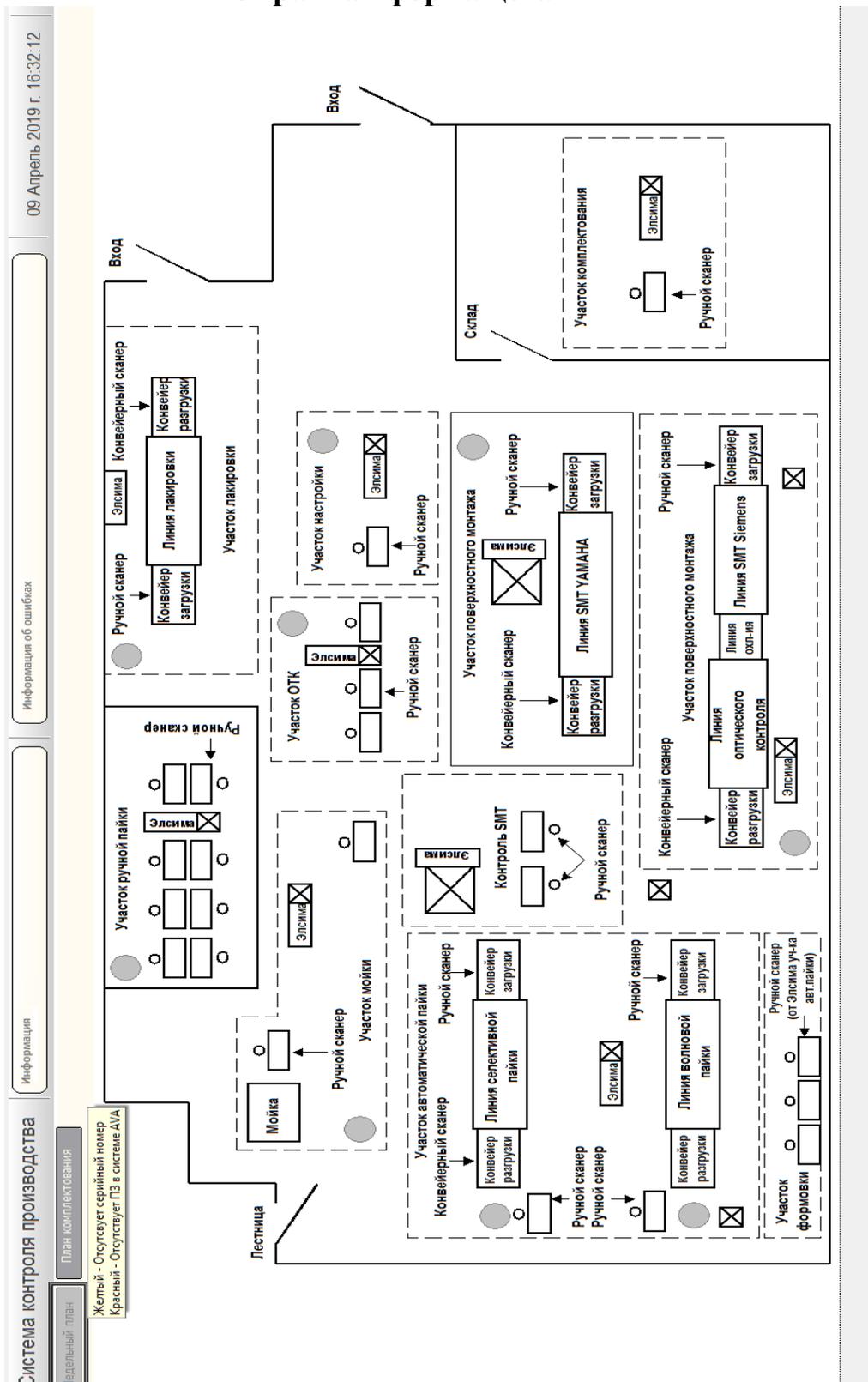


Рисунок Ж.1 – Главный экран

# Приложение К

(рекомендуемое)

## Экранная форма ввода недельного плана

ОЛЯ ПР

19 г. 1

План: конг

Таблица ввода недельного плана цеха для отдела логистики

Артикул	0000007268	0000025063	*****
Наименование	Плата МА-712.1_в3.03 ПСЕА.469535.042-01	Плата МП-711_в1.03 ПСЕА.469535.025	*****
Количество	400	600	*****
№ ПЗ	015535	012335	*****

Лестниц

Таблица ввода недельного плана цеха для отдела логистики

Артикул	*****	*****	*****
Наименование	*****	*****	*****
Количество	*****	*****	*****
№ ПЗ	*****	*****	*****

Вход

Таблица ввода недельного плана цеха для отдела логистики

Артикул	*****	*****	*****
Наименование	*****	*****	*****
Количество	*****	*****	*****
№ ПЗ	*****	*****	*****

Таблица ввода недельного плана цеха для отдела логистики

Артикул	*****	*****	*****
Наименование	*****	*****	*****
Количество	*****	*****	*****
№ ПЗ	*****	*****	*****

Записать

Очистить

Переход к комплектowaniu

Ус  
фо

Рисунок К.1 – Экран ввода недельного плана

# Приложение Л

## (рекомендуемое)

### Экранная форма указания комплектовщика

Панель инструментов
3.4

✕

Таблица указания комплектовщику комплектуемого проекта

Артикул	0000007268	0000026063
Наименование	Плата МА-712.1_v3.03 ПСЕА.469535.042-01	Плата МП-711_v1.03 ПСЕА.469535.025
Количество	400	600
№ ПЗ	015535	012335
Комплектовщик	Губаренко Нина Николаевна	Шлопов Людмила Александровна

Таблица указания комплектовщику комплектуемого проекта

Артикул	*****
Наименование	*****
Количество	*****
№ ПЗ	*****
Комплектовщик	*****

Таблица указания комплектовщику комплектуемого проекта

Артикул	*****
Наименование	*****
Количество	*****
№ ПЗ	*****
Комплектовщик	*****

Таблица указания комплектовщику комплектуемого проекта

Артикул	*****
Наименование	*****
Количество	*****
№ ПЗ	*****
Комплектовщик	*****

Записать
Очистить

Рисунок Л.1 – Экран указания комплектовщика

# Приложение М

(рекомендуемое)

## Экранная форма на рабочем участке

Параметры МДО

Начало работы

Шломпова Людмила Александровна	Работник	0000026063	Артикул
2	Пройдено	Плата МП-711_ч1.03 ПСЕА-469535,025	Наименование
598	Осталось	600	Число плат
-	НСП	012335	№ ПЗ

Рисунок М.1 – Экран на рабочем месте работника

## Приложение Н

(рекомендуемое)

### VBA-скрипт для закрашивания ячейки

```
'Объявление переменных

Dim WriteButton As GwxButton

Dim Cell1 As GwxRectangle

Public Declare Function GetOPCValue Lib "OPCDualSource" (ByRef a_pvOpcTag As Variant, ByRef
a_pvValue As Variant) As Long

Public Declare Function SetOPCValue Lib "OPCDualSource.dll" (ByRef a_pvOpcTag As Variant, ByRef
a_pvValue As Variant) As Long

Dim bOk As Boolean

'Начало скрипта

Sub Coloring(o As GwxPick)

Set Cell1 = ThisDisplay.GetVisibleObjectFromName("rectangle1")

Set WriteButton = ThisDisplay.GetVisibleObjectFromName("button1")

Dim Check1 As Variant

Dim iRet As Long

'Кнопка «Записать» нажата:

WriteButton.KeyWord = "1"

MsgBox ("Записано")

'Получить значение из сигнала, полученного из ERP:

iRet = GetOPCValue("CMPU.Plan.PZ.Check", Check1)

'Если «Записать» нажата и если сигнал о совпадении отсутствует, то закрашивание ячейки на
APMe красным:

If WriteButton.KeyWord = "1" Then

    If Check1 Then

        Cell1.fillColor = RGB(255, 64, 64)

        MsgBox ("Отсутствует Производственное Задание №1")

    End If

End If

End Sub
```