


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования  
машиностроительного производства

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

  
Н.В. Казакова  
06. июля 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

  
С.В. Сергеев  
2016 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗЛИВКИ МЕТАЛЛА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ  
ЮУрГУ- 220301.2016.022.00 ПЗ ВКП

Консультанты

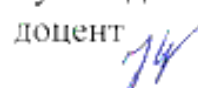
Экономическая часть

преп.

  
Н.В. Казакова  
2016 г.

Руководитель проекта

доцент

  
Ю.С. Сергеев  
2016 г.

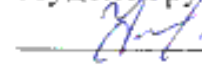
Безопасность жизнедеятельности

доцент

  
В.Г. Некрутов  
2016 г.


Автор проекта

студент группы У-КФл-621

  
А.Ю. Утёнков  
2016 г.

Нормоконтролер


доцент

  
Ю.С. Сергеев  
2016 г.

Усть-Катав 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра технологических процессов и оборудования  
машиностроительного производства  
Специальность 220301 Автоматизация технологических процессов и  
производств (машиностроение)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 С.В. Сергеев  
2016 г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускной квалификационный проект студента  
Утёнкова Александра Юрьевича  
Группа У-КФл-621

1 Тема проекта

Автоматизация процесса разлива металла

утверждена приказом ректора от 15 апреля 2016 г. № 661

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 1 июня 2016 г.

3 Исходные данные к проекту

3.1 Материалы преддипломной практики

3.2 Руководство по эксплуатации

3.3 Справочная литература

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

1 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

2 Разработка требований к механизму поворота разливочного ковша

3 Расчет параметров ковша и выбор мотор-редуктора

4 Выбор элементов системы автоматического управления

5 Алгоритм работы системы автоматического управления

5 Организационно-экономический раздел

6 Безопасность жизнедеятельности

Заключение

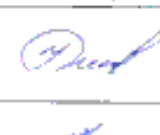



Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

1 Тема и цель проекта. Плакат	(1 лист)
2 Разливочный ковш и технологические требования. Плакат	(1 лист)
3 Расчет скорости заливки. Плакат	(1 лист)
4 Система автоматического управления ковша. Схема электрическая функциональная Э2	(1 лист)
5 Контроллер DO-05DR-D. Схема электрическая подключения Э5	(1 лист)
6 Выбор оборудования. Плакат	(1 лист)
7 Мотор-редуктор. Габаритный чертеж ГЧ	(1 лист)
8 Алгоритм работы системы автоматики. Плакат	(1 лист)
9 Оценка технико-экономических показателей. Плакат	(1 лист)
10 Выводы по проекту. Плакат	(1 лист)

Всего 10 листов

6 Консультанты по проекту, с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Организационно-экономический	Казакова Н.В.	21.04.16 	
Безопасность жизнедеятельности	Некрутов В.Г.	20.04.16 	

7 Дата выдачи задания 21 марта 2016 г.

Руководитель  Ю.С. Сергеев

Задание принял к исполнению  А.Ю. Утёнков

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускного квалификационного проекта	Срок выполнения этапов проекта	Отметка о выполнении руководителя
Введение	30.03.2016	<i>ЮС</i>
Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений	30.03.2016	<i>ЮС</i>
Разработка требований к механизму поворота разливочного ковша	2.04.2016	<i>ЮС</i>
Расчет параметров ковша и выбор мотор-редуктора	6.04.2016	<i>ЮС</i>
Выбор элементов системы автоматического управления	8.04.2016	<i>ЮС</i>
Алгоритм работы системы автоматического управления	13.04.2016	<i>ЮС</i>
Экономическая часть	18.05.2016	<i>ЮС</i>
Безопасность жизнедеятельности	18.05.2016	<i>ЮС</i>
Заключение	25.05.2016	<i>ЮС</i>
Оформление пояснительной записки	28.05.2016	<i>ЮС</i>
Графическая часть	1.06.2016	<i>ЮС</i>

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *Сергеев* С.В. Сергеев

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ *ЮС* Ю.С. Сергеев

Студент \_\_\_\_\_ *Утёнков* А.Ю. Утёнков

## АННОТАЦИЯ

Утёнков А.Ю. Автоматизация процесса разливки металла. – г. Усть-Катав: филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве, кафедра ТПиОМП; 2016 г., 87 с., 22 ил., библиогр. список – 32 наим., 10 листов чертежей ф.А1.

В дипломном проекте разработана система автоматики разливочного ковша на 500кг ЗАО «Уральский завод цветных металлов» (УЗЦМ).

Разработаны требования, включающие изменение скорости заливки в зависимости от формы отливки.

Рассчитаны зависимости скорости заливки от угла поворота ковша с учетом геометрии и допусков на футеровку.

На основе проанализированных данных разработана функциональная электрическая схема, алгоритм работы установки. Работа системы автоматики организована стадиями.

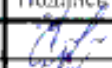



Система автоматики реализована на промышленном контроллере модели D0-05DR-D серии DL05 и мотор-редуктора на базе вентильного двигателя ДВМ-100. Контроллер включает в себя:

- контроллер *D0-05DR-D*;
- аналоговый модуль ввода/вывода *F0-2AD2DA-2*.

Снижение объема брака при ЛВМ сложной формы.

В организационно-экономическом разделе рассчитан ежегодный чистый доход с установки до внедрения САУ и после, экономический эффект и срок окупаемости введения системы автоматического управления в эксплуатацию.

Разработаны мероприятия по охране труда, экологической безопасности и гражданской обороне.

					220301.2016.022.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Утёнков А.Ю.			Автоматизация процесса разливки металла	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Сергеев Ю.С.				Д	4	87
Реценз.		<i>Сергеев Ю.С.</i>				Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве Кафедра ТПиОМП		
Н. Контр.		Сергеев Ю.С.						
Утверд.		Сергеев С.В.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
2 РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К МЕХАНИЗМУ ПОВОРОТА РАЗЛИВОЧНОГО КОВША	
2.1 Разливочный ковш.....	12
2.2 Расчет геометрии ковша.....	13
2.3 Расчет объема стали, необходимой для заготовки и скорость заливки.....	14
3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОВША И ВЫБОР МОТОР-РЕДУКТОРА	
3.1 Расчет массы футеровки.....	19
3.2 Момент инерции ковша.....	20
3.3 Сила тяжести ковша.....	20
4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	
4.1 Описание функциональной электрической схемы.....	25
4.2 Выбор контроллера и его конфигурации.....	25
4.3 Выбор датчика веса.....	33
4.4 Выбор тензопреобразователя датчика веса.....	34
4.5 Выбор датчика исходного положения.....	37
4.6 Датчик слива (фотодатчик).....	38
4.7 Выбор светосигнальной аппаратуры.....	39
4.8 Выбор управляющей аппаратуры.....	39
4.9 Выбор блока питания.....	41
5 АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ РАЗЛИВОЧНОГО КОВША.....	44
6 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
6.1 Расчет капитальных затрат на внедрение системы автоматизи- ки.....	48
6.2 Расчет эксплуатационных затрат.....	49
6.3 Амортизационные отчисления.....	50
6.4 Затраты на ремонт и обслуживание оборудования.....	50
6.5 Годовой доход.....	52
6.6 Расчет экономического эффекта.....	53
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
7.1 Краткое описание производственного участка.....	55
7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	55
7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса.....	59
7.4 Охрана труда.....	68
7.5 Производственная санитария.....	72
7.6 Эргономика и производственная эстетика.....	77
7.7 Противопожарная и взрывобезопасность.....	78
7.8 Экологическая безопасность.....	79

7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций .....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	86





## 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Технологический процесс производства отливок по выплавляемым моделям, который в конце XX в. получил широкое применение в промышленно развитых странах и в настоящее время считается одним из самых перспективных способов литья.

Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) является одним из новейших способов производства отливок, появившихся в результате научно-технической революции во второй половине XX в. наряду с такими технологическими процессами, как вакуум-пленочная формовка, непрерывное литье, литье под низким давлением, импульсная формовка и др. Однако наибольший интерес у литейщиков вызвало сообщение о способе литья по моделям, которые не удаляются из формы, а остаются в ней и выплавляются под действием тепловой энергии металла, заливаемого в форму. Такая технология, названная литьем по выплавляемым моделям, решала важнейшую задачу литейного производства – повышение точности отливок до уровня литья по выплавляемым моделям при издержках производства литья в песчано-глинистые формы.

Но прежде чем ЛВМ-процесс стал промышленной технологией, был проделан значительный объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в результате которых были созданы специальные модельные материалы и противопопригарные покрытия, технология и оборудование для изготовления моделей, инженерная методика проектирования технологического процесса, оборудование для изготовления форм и т. д.

При ЛВМ технологические операции, определяющие получение отливок с наименьшими трудовыми и материальными затратами, обычно выполняют в такой последовательности:

- 1) проектирование технологии литья с выбором положения модели в форме, вида и размеров литниково-питающей системы (ЛПС);
- 2) получение моделей;
- 3) формовка;
- 4) плавка металла нужной марки, и заливка им формы.

Анализ работы цехов и участков ЛВМ показывает, что качество отливок обычно зависит: до 50% от качества модели, собранного модельного блока, его покрытия специальной краской (то есть от соблюдения технологии изготовления модели); до 25% от положения модельного блока/куста в литейных контейнерах, качества формовочного материала – песка, степени его виброуплотнения и герметизации (т.е. от режима формовки); до 25% – от работы вакуумной системы при отсосе газов деструкции ЛПС во время заливки, температуры и качества жидкого металла, от поддержания заданной скорости заливки в правильно подобранной ЛПС. Две последние группы факторов касаются правильного выбора для каждого типажа моделей контейнерной опочной оснастки и ее функционирования.

Автоматическая линия ЛВМ представляет собой комплекс оборудования для полностью завершеного производства отливок. Из крановых операций только заливка металлы в формы, а из ручных – установка модельных блоков в опоку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

и покрытие опоки плёнкой. Все остальные операции технологической цепочки выполняются в автоматическом режиме.

Принцип работы. Подготовленные модельные блоки передаются на участок формовки. Пустая вакуумная опока, двигаясь по рельсам, при помощи гидротолкателей автоматически передаётся под рабочий бункер на вибростол. В нижней части бункера смонтирована перфорированная плита с шиберным затвором, через которую орошением происходит заполнение опоки. Сначала в опоку насыпают слой песка от 150 до 200 мм и уплотняют его, создавая "подушку". Далее устанавливается модельный блок, и опока заполняется песком до верхнего уровня. Накрытие плёнкой осуществляется вручную. Сверху плёнка засыпается слоем песка 50-100 мм, для избежания прожогов и потерь вакуума. Далее заполненная опока транспортируется на участок заливки, где автоматически подключается к вакуумной системе. Жидкий металл заливается из разливочного ковша, при этом форма находится под вакуумом. Спустя некоторое время после окончания заливки вакуум отключается и отливки охлаждаются в свободном состоянии. Охлаждение происходит во время движения: вновь залитые формы оттесняют к участку выбивки охлаждённые формы. При достижении участка выбивки кантующее устройство автоматически фиксирует опоку и происходит опрокидывание. Отливки вместе с песком высыпаются на просыпную решетку. Песок проходит цикл регенерации, а отливки краном перемещаются на участок очистки. В цехе автоматизированы все технологические операции, за исключением заливки форм металлом.

Разливка стали – это не только завершающий этап сталеплавильного процесса, но и ответственный сложный процесс, от которого зависит качество металла (его газонасыщенность, количество и характер неметаллических включений, химическая неоднородность, структура, качество поверхности слитков и прокатанных из них заготовок). При разливке стали протекают сложные физико-химические процессы и реакции, которые в итоге определяют качество металла (стали) и технико-экономические показатели работы металлургического передела предприятия.

Наклон ковшей:

- ковши емкостью от 25 до 160 кг осуществляется при помощи специальных ручек;
- ковши емкостью от 250 кг до 10 т имеют поворотный механизм с червячной самотормозящей передачей (редуктор) и ограничителями поворота;
- ковши емкостью более 10т имеют гидравлический и электрический привод.

В нашем случае технологический процесс точного литья. Разработка электропривода производится для разливочного ковша емкостью не более 1тонны. Разливка металла происходит разливочным ковшом, ручным способом с помощью двух человек.

Его функциональность обеспечивается рычажным приспособлением редуктор с ручным приводом. При производстве ремонта, очистки ковшей разливочных от остатков металла возможен ручной поворот. В процессе разливки большой

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

массы через носик – с помощью крана. Механизм привода разливочных ковшей состоит из червячной (самотормозящей для предотвращения самопроизвольного поворота) передачи, двух цилиндрических косозубых шестерен, фиксатора.

Общий вид разливочного ковша представлен на рисунке 1.

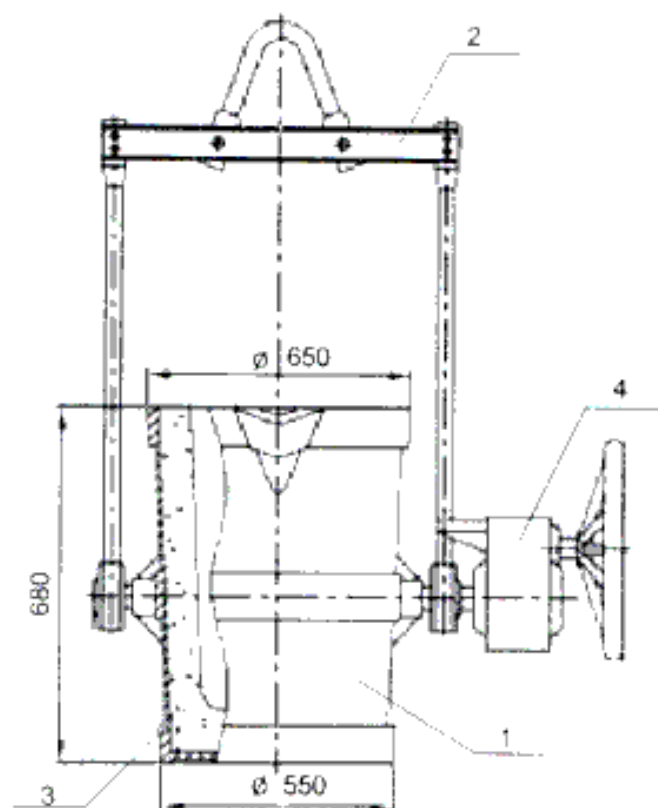


Рисунок 1 – Разливочный ковш:  
1 – ковш; 2 – траверса; 3 – огнеупорная футеровка; 4 – механизм поворота ковша

Разрабатываемый проект предусматривает разливку металла с минимальным участием людей, благодаря электроприводу разливочного ковша. Введенная технология производственного процесса обеспечивает улучшение безопасности труда, регулируемую скорость заливки металла, обеспечивая при этом минимальный брак продукции.

#### Принцип действия

На разливочный ковш устанавливается вместо рукоятки управления червячного редуктора, мотор-редуктор. Траверса дополняется тензодатчиком либо крановыми весами, для контроля веса. На определенном расстоянии устанавливается рабочее место оператора с панелью управления разливочного ковша, для управления и контроля процесса разливки металла. На рабочем месте оператора устанавливаем: преобразователь частоты для плавного регулирования скорости вращения двигателя, контроллер для получения и обработки данных полученных от двигателя и тензодатчика разливочного ковша. Обработанные данные с помощью специально написанной программы, выводятся на монитор пульта управления оператора.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

220301.2016.022.00 ПЗ

Лист

10

При правильных расчетах выбранной скорости поворота ковша (скорость заливки), контроля веса металла, добиваемся минимального брака готовой продукции. А также уменьшаем количество рабочих не вольно подвергающих себя производственным травмам с двух до одного. Сравнительные признаки ковша указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные признаки

Признаки прототипа	Признаки изобретения	Общие признаки	Признаки отличия
Ковш	Ковш	1=1	
Траверса	Траверса	2=2	
Цапфы	Цапфы	3=3	
Огнеупорная футеровка	Огнеупорная футеровка	4=4	
Червячный редуктор	Мотор-редуктор		5
Ручное управление поворотом ковша	Электропривод		6
	Датчик веса		7
	Частотный преобразователь		8
	Пульт управления		9
	Информационный монитор		10
Итого		4	6

Выводы по разделу один:

1. Устройство для разлива стали включающее разливочный ковш, стальное кольцо, цапфы, траверсу, червячный редуктор, отличающееся тем, что содержит электропривод с мотор-редуктором, датчиком веса, частотным преобразователем, пультом управления, информационным монитором.

2. Устройство по пункту 1 отличается тем, что позволяет управлять ковшом с помощью одного оператора.

## 2 РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К МЕХАНИЗМУ ПОВОРОТА РАЗЛИВОЧНОГО КОВША

### 2.1 Разливочный ковш

Заливка литейных форм расплавом осуществляется с помощью разливочных ковшей. Они представляют собой сосуды, сделанные из листовой стали. С внутренней стороны ковш обмазывают глиной или набивают огнеупорной массой. Огнеупорная футеровка разливочного ковша предназначена для уменьшения тепловых потерь и предохранения кожуха от воздействия высоких температур и от контакта с жидким металлом и шлаком.

По данным ЗАО «УЗЦМ» разливочный ковш с массой заливки 500кг имеет массу 150 кг, основные размеры указаны на рисунке 2.1. Обновление футеровки производится оператором вручную после каждой плавки, 1 раз в смену. Геометрия футеровки определяется визуальным контролем. По техническим условиям допускается отклонение размеров футеровки в пределах  $\pm 20$  мм.

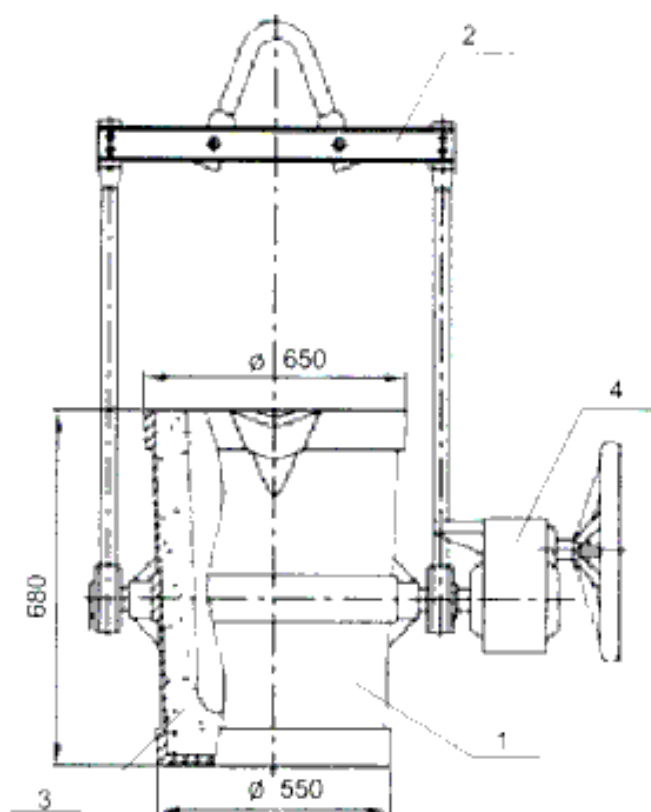


Рисунок 2.1 – Общий вид разливочного ковша для разливки стали:

1 – ковш; 2 – траверса; 3 – огнеупорная футеровка;

4 – механизм поворота ковша

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

220301.2016.022.00 ПЗ

Лист

12

## 2.2 Расчет геометрии ковша

Из-за неравномерности и допусков на толщину футеровки меняется внутренний объем ковша, высота заливки стали в полном ковше, связь между скоростью разливки и углом наклона ковша. Расчетная схема ковша приведена на рисунке 2.2. Расчетные данные ковша приведены в таблице 2.1.

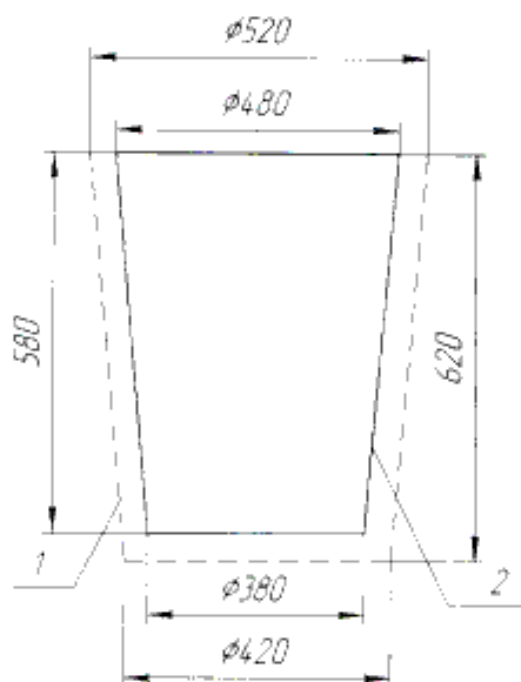


Рисунок 2.2 – Расчетная схема внутренних размеров ковша:

- 1 – при минимальном слое футеровки;
- 2 – при максимальном слое футеровки

В дальнейших расчетах индекс 1 указывает на минимальный слой футеровки, индекс 2 на максимальный слой футеровки.

Объем усеченного конуса

$$V_k = \pi h / 3(R^2 + r^2 + Rr),$$

где  $h$  – высота;

$R$  – верхний радиус конуса;

$r$  – нижний радиус конуса.

$$V_{k1} = 1,08 \cdot 10^8 \text{ мм}^3 = 0,108 \text{ м}^3;$$

$$V_{k2} = 8,461 \cdot 10^7 \text{ мм}^3 = 0,08461 \text{ м}^3;$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Объем стали определяется его массой:

$$V_{ст} = \frac{m_{ст}}{\rho};$$

где  $m_{ст}$  – масса стали, кг;

$\rho$  – плотность стали, кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{ст} = \frac{500}{7800} = 0,064 \text{ м}^3.$$

Радиус на уровне залитой стали определяется из преобразования формулы объема усеченного конуса:

$$R_{1расч} = \sqrt[3]{\frac{0,064 \cdot 3 + 0,114\pi}{12,4\pi}} = 0,242 \text{ м};$$

$$R_{2расч} = \sqrt[3]{\frac{0,064 \cdot 3 + 0,079 \cdot \pi}{11,6 \cdot \pi}} = 0,229 \text{ м}.$$

Высота заполнения ковша сталью составляет:

$$h_{1расч} = 12,4 \cdot (R_{1расч} - r_1) = 0,393 \text{ м},$$

$$h_{2расч} = 11,6 \cdot (R_{2расч} - r_2) = 0,458 \text{ м}.$$

Таблица 2.1 – Расчетные данные ковша

Параметр	Минимальный слой футеровки	Номинальный слой футеровки	Максимальный слой футеровки
$R_{верх.}, \text{ м}$	0,260	0,250	0,240
$R_{расч.}, \text{ м}$	0,242	0,236	0,229
$r_{низ.}, \text{ м}$	0,210	0,200	0,190
$h, \text{ м}$	0,620	0,600	0,580
$h_{расч.}, \text{ м}$	0,393	0,428	0,458
$V_{ст.}, \text{ м}^3$	0,064		

### 2.3 Расчет объема стали, необходимой для заготовки и скорость заливки

По рекомендациям [1] скорость подъема металла для заполнения заготовки указана в таблице 2.2. Скорость подъема стали в полости литейной формы зависит от толщины стенки отливки (рисунок 2.3).



Таблица 2.2– Скорость подъема стали в полости литейной формы

Толщина стенки отливки, мм	Минимально допустимая скорость, мм/с	Оптимальная скорость, мм/с	Максимально допустимая скорость, мм/с
До 10	20	60	75
11-20	20-10	50	70
21-40		40	55
41-60	8-10	30	50
Более 60		25	40

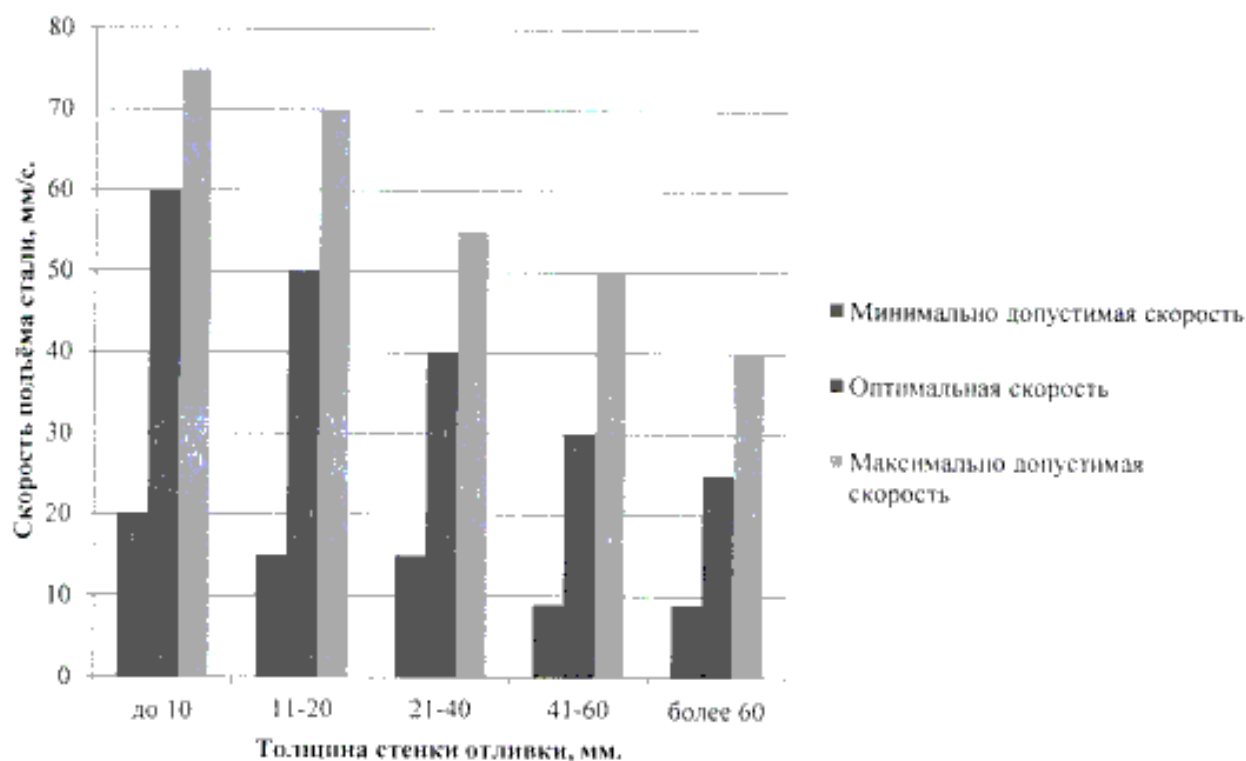


Рисунок 2.3 – Скорость подъема стали в полости литейной формы

Толщина стенки отливки изменяется в пределах от 10 до 100 мм, поэтому сечение принято  $10 \times 10 \text{ мм}^2$  и  $100 \times 100 \text{ мм}^2$ . По таблице 2.2 скорость заливки составит:  $20 \text{ мм/с}$  для сечения  $10 \times 10 \text{ мм}^2$  и  $40 \text{ мм/с}$  для сечения  $100 \times 100 \text{ мм}^2$ .

Объем стали определяется его массой

$$V = \frac{m_{\text{ст}}}{\rho},$$

где  $m$  – масса стали,  $m_{\text{ст}} = 500 \text{ кг}$ ;

$\rho$  – плотность стали,  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ .

$$V = \frac{500}{7800} = 0,064 \text{ м}^3.$$

## Объемная скорость

$$\Delta V_{\min;\max} = V_{\min;\max} \cdot S_{\min;\max},$$

где  $V_{\min}$  – минимально допустимая скорость,  $V_{\min} = 20$  мм/с;  
 $V_{\max}$  – максимально допустимая скорость,  $V_{\max} = 40$  мм/с;  
 $S_{\min}$  – минимальное сечение отливки,  $S_{\min} = 100$  мм<sup>2</sup>;  
 $S_{\max}$  – максимальное сечение отливки,  $S_{\max} = 10000$  мм<sup>2</sup>.

$$\Delta V_{\min} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\Delta V_{\max} = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

## Скорость по массе:

$$\Delta m_{\min;\max} = \Delta V \cdot \rho,$$

$$\Delta m_{\min} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 0,0156 \text{ кг/с},$$

$$\Delta m_{\max} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 3,12 \text{ кг/с}.$$

Площадь зеркала стали зависит от слоя футеровки ковша и угла наклона ковша. Расчеты производятся для минимального, номинального и максимального слоя футеровки – рисунок 2.4.

## Площадь эллипса

$$S_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot r^2}{\cos \alpha},$$

где  $r^2$  – минимальный радиус ковша,  $r^2 = 0,19^2$  м;  
 $\cos \alpha$  – косинус угла поворота ковша.

$$S_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot 0,19^2}{0,987} = 0,115.$$

## Площадь усеченного эллипса

$$S_{\text{усеч.эл}} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} - \frac{b}{a} \cdot \left( x \cdot \sqrt{a^2 - x^2} + a^2 \cdot \arcsin \frac{x}{a} \right).$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

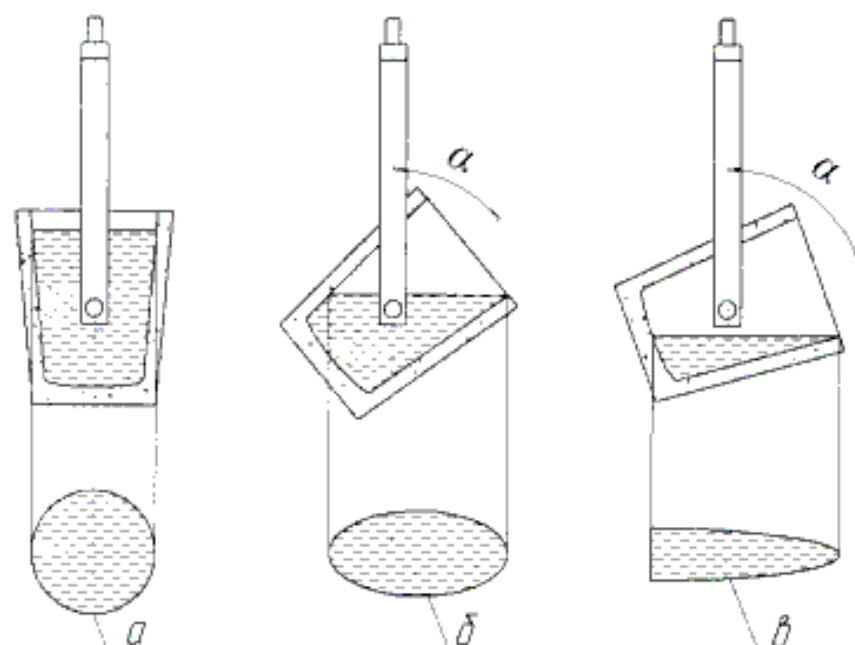


Рисунок 2.4 – Изображение площади эллипса:  
 а – окружность; б – эллипс; в – усеченный эллипс

где  $a$  – длина большей полуоси эллипса,  $a = 0,419$ ;  
 $b$  – длина меньшей полуоси эллипса,  $b = 0,19$ ;  
 $x - x = 0,181$ .

$$S_{\text{усеч.эл}} = \frac{\pi \cdot 0,419 \cdot 0,19}{2} - \frac{0,19}{0,419} \cdot \left( 0,181 \cdot \sqrt{0,419^2 - 0,181^2} + 0,419^2 \times \right. \\ \left. \times \arcsin \frac{0,181}{0,419} \right) = 0,192.$$

Подробные расчеты проведены в *Excel* (приложение А). Зависимость площади зеркала от угла наклона ковша приведена на рисунке 2.5.

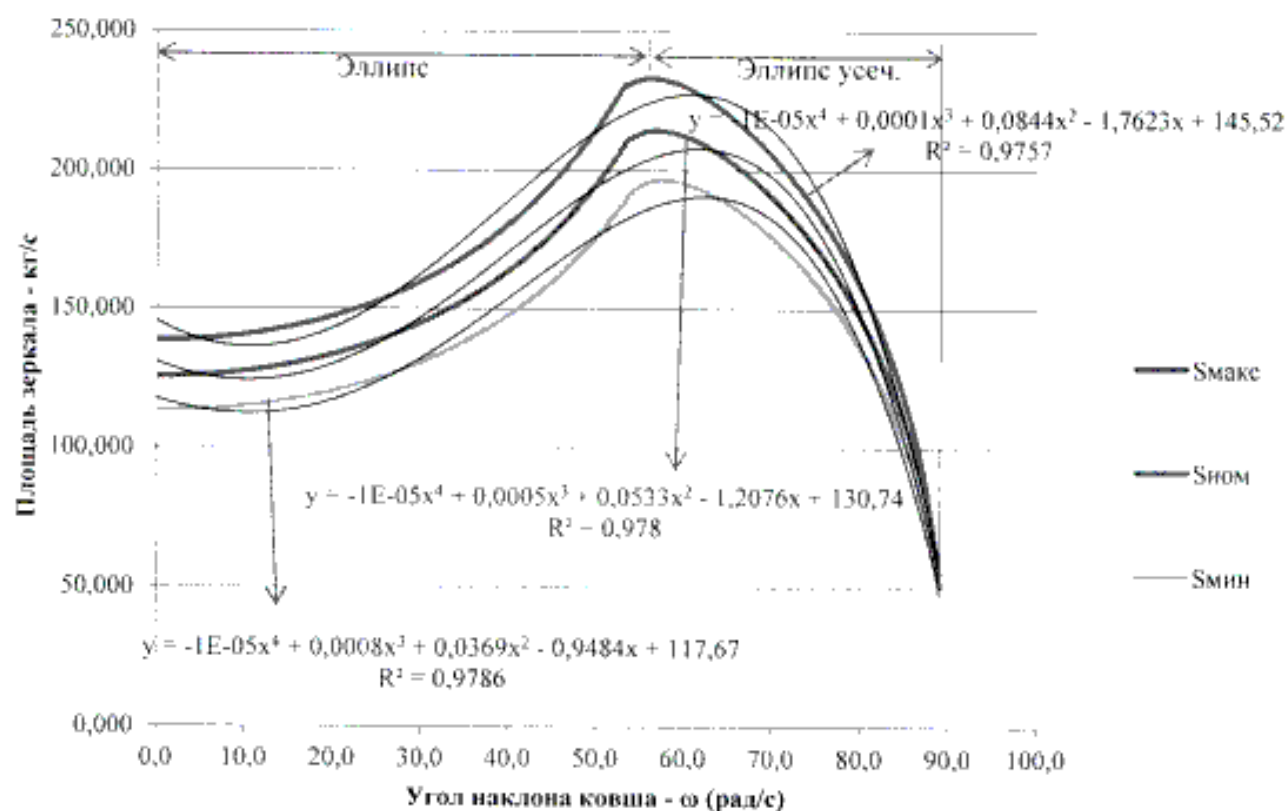


Рисунок 2.5 – Зависимость площади зеркала от угла наклона

Выводы по разделу два: произведены расчеты футеровки ковша с допусками  $\pm 20$  мм, высота заполнения ковша сталью, расчетные данные ковша, объемная скорость, скорость по массе, площадь зеркала стали. На рисунке 2.5 указаны зависимости площади зеркала (скорости по массе) от угла наклона (угловой скорости поворота) ковша для минимальных, номинальных и максимальных параметров. На линейной диаграмме указаны два участка: эллипс рисунок 2.4(б) и эллипс усеченный рисунок 2.4(в). Данные формул вводятся в программу контроллера, с помощью чего контролируется скорость поворота ковша.  $R^2$  – определяет точность совпадений (сходимость результатов).

### 3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОВША И ВЫБОР МОТОР-РЕДУКТОРА

Скорость разливки металла и качество изделия зависит, от правильности расчета и выбора типа мотор-редуктора обеспечивающего поворот ковша с требуемой скоростью. Мощность мотор-редуктора определяется нагрузкой при повороте ковша, которая зависит от массы ковша и массы стали.

Масса ковша определяется массой каркаса и массой футеровки. По данным ЗАО «УЗЦМ» масса каркаса составляет  $m_k = 65$  кг. Эскиз ковша представлен на рисунке 3.1

#### 3.1 Расчет массы футеровки

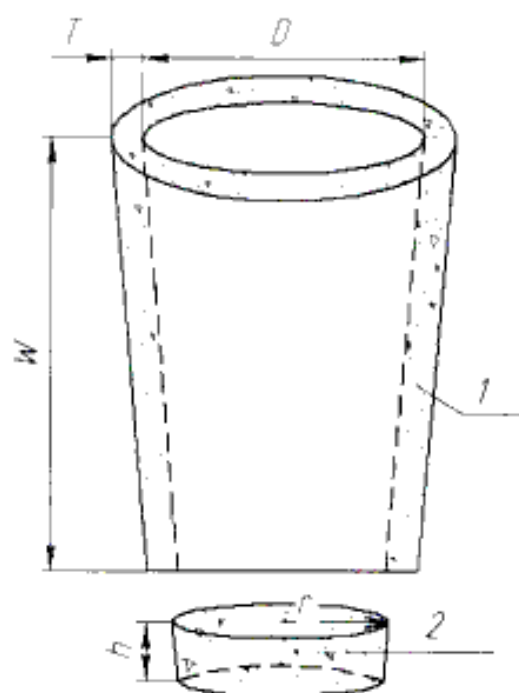


Рисунок 3.1 – Эскиз футеровки ковша:  
1 – вертикальная часть футеровки;  
2 – нижнее основание футеровки

Объем футеровки  $V_1$

$$V_1 = W \cdot T \cdot \pi \cdot (D + T),$$

где  $W$  – высота ковша,  $W = 0,62$  м;

$T$  – толщина футеровки,  $T = 0,04$  м;

$D$  – внутренний диаметр ковша,  $D = 0,5$  м.

$$V_1 = 0,62 \cdot 0,04 \cdot \pi \cdot (0,5 + 0,04) = 0,042 \text{ м}^3.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Объем футеровки  $V_2$

$$V_2 = \pi \cdot r^2 \cdot h,$$

где  $r^2$  – радиус ковша,  $r^2 = 0,25^2$  м;

$h$  – высота нижнего основания,  $h = 0,04$  м.

$$V_2 = \pi \cdot 0,25^2 \cdot 0,04 = 0,0078 \text{ м}^3.$$

Общая масса футеровки ковша

$$m_\phi = (V_1 + V_2) \cdot \rho,$$

где  $\rho$  – плотность песка,  $\rho = 1700$  кг/м<sup>3</sup>

$$m_\phi = (0,042 + 0,0078) \cdot 1700 = 85 \text{ кг.}$$

Общая масса разливочного ковша

$$m_{\text{ковша}} = m_{\text{к}} + m_\phi = 150 \text{ кг.}$$

### 3.2 Момент инерции ковша

$$J_{\text{ковша}} = \frac{m_{\text{к.ст}} \cdot W^2}{12} + \frac{m_{\text{к.ст}} \cdot r^2}{4},$$

где  $r^2$  – внешний радиус ковша,  $r^2 = 0,29$  м;

$m_{\text{к.ст}}$  – масса ковша со сталью,  $m_{\text{к.ст}} = 650$  кг.

$$J_{\text{ковша}} = \frac{650 \cdot 0,62^2}{12} + \frac{650 \cdot 0,29^2}{4} = 34,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

### 3.3 Сила тяжести ковша

$$F_{\text{тяж.ковша}} = (m_{\text{ковша}} + m_{\text{ст}}) \cdot g,$$

где  $m_{\text{ковша}}$  – масса ковша,  $m_{\text{ковша}} = 150$  кг;

$m_{\text{ст}}$  – масса стали,  $m_{\text{ст}} = 500$  кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

$$F_{\text{тяж.ковша}} = (500 + 150) \cdot 9,8 = 6370 \text{ Н.}$$

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Эскиз неуравновешенной  $F_{\text{тяж}}$  представлен на рисунке 3.2  
 Неуравновешенная  $F_{\text{тяж}}$  принимается 30% от  $F_{\text{тяж.ковша}}$

$$F_{\text{тяж.неурав.}} = 0,3 \cdot 6370 = 1911 \text{ Н.}$$

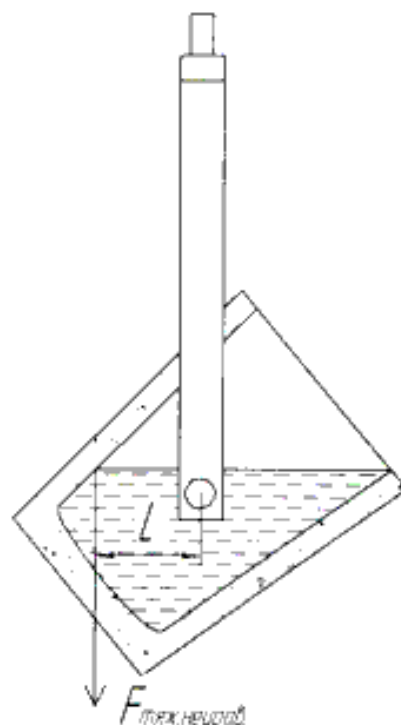


Рисунок 3.2 – Эскиз неуравновешенной  $F_{\text{тяж}}$ .

Максимальный момент при смещении центра масс на  $L = 0,15 \text{ м}$

$$M_{\text{неурав}} = F_{\text{тяж.неурав.}} \cdot L,$$

$$M_{\text{неурав}} = 1911 \cdot 0,15 = 287 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

По конструктивному исполнению ковша с учетом возможности отказа и перехода на ручной режим, в приводе используется червячный редуктор с передаточным числом  $u = 20$ .

Расчет максимального момента на входе червячного редуктора:

$$M_{\text{чер}} = \frac{M_{\text{неурав}}}{u_{\text{чер}} \cdot \eta_{\text{чер}}},$$

где  $\eta_{\text{чер}}$  – КПД червячной передачи,  $\eta_{\text{чер}} = 0,7$ .

$$M_{\text{чер}} = \frac{287}{20 \cdot 0,7} = 20,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Выбран МР112.80.2, технические характеристики мотор-редуктора приведены в таблице 3.1, двигателя ДВМ100.12 – в таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Технические характеристики МР112.80.2

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение, В	24
Номинальный ток, А	2,5
Номинальный момент, Нм	40
Номинальная частота вращения, об/мин	10
Максимальный момент, Нм	80
Масса, кг	4,6

$$M_n \geq M_{\text{чер}}$$

$$40\text{Нм} \geq 20,5\text{Нм.}$$

Условие выполнено.

Габаритный чертеж электропривода МР112.80.2 представлен на рисунке 3.3.

Таблица 3.2 – Технические характеристики ДВМ100.12

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение, В	24
Номинальный ток, А	2,5
Номинальный момент, Нм	2,5
Номинальная частота вращения, об/мин	160
Максимальный (пусковой) ток, А	8
Максимальный (пусковой) момент, Нм	8
Активное сопротивление фазы, Ом	1,5
Индуктивность рассеяния фазы, Гн	0,005
Момент инерции ротора, кг*м <sup>2</sup>	0,001
Масса двигателя, кг	2,0



Выводы по разделу три: произведен расчет массы футеровки ковша, момент инерции ковша, неуравновешенной силы тяжести ковша и выбран мотор-редуктор.

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

## 4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

### 4.1 Описание функциональной электрической схемы

Функциональная электрическая схема представлена на рисунке 4.1.

Для управления установкой выбран промышленный логический контроллер серии *DL05* модели *D0-05DR-D*. Контроллер имеет 8 входов и 6 выходов постоянного тока. К контроллеру присоединен аналоговый модуль ввода/вывода *F0-2AD2DA-2*, имеющий 2 входа и 2 выхода. К входам контроллера подключены кнопки управления и датчики, которые контролируют работу комплекса. Выходные сигналы служат для управления механизмами установки. Источником питания для контроллера служит сеть +24 В. Сенсорная операторская панель *MT8070i* связана с контроллером через процессорный модуль, что позволяет считывать информацию состояния технологического комплекса, а также задавать его параметры работы и управлять ходом процесса. Источником питания для установленного оборудования служит внешний блок питания, который понижает и выпрямляет напряжение с ~220В до +24 В.

Управление приводами осуществляется непосредственно сигналами с контроллера, которые подходят к блоку управления двигателем. В случае отказа привода БУД формирует сигнал аварии, который считывается контроллером. Выходы с датчиков подключены к входам контроллера.

### 4.2 Выбор контроллера и его конфигурации

Выбор контроллера – важнейший этап проектирования систем автоматизации технологических процессов. В качестве управляющего элемента автоматической системы предлагается использование промышленного контроллера серии *DirectLogic05*. Основными преимуществами микропроцессорных комплектов этой фирмы являются:

- относительно низкая стоимость;
- простота монтажа и малые габариты блоков;
- высокая надежность, устойчивость к воздействию климатических и механических факторов;
- малое энергопотребление, исключение принудительного охлаждения блоков;
- возможность отладки и корректировки программного обеспечения с использованием внешнего компьютера;
- специализированное программное обеспечение ориентировано на решение задач автоматизации технологических процессов и отличается невысокой стоимостью.

Выбран контроллер *D0-05DR-D*, технические характеристики приведены в таблицах 4.1–4.3 [2]. Этот микроконтроллер имеет восемь входов постоянного тока и шесть релейных выходов. На рисунке 4.2 представлена типовая схема.

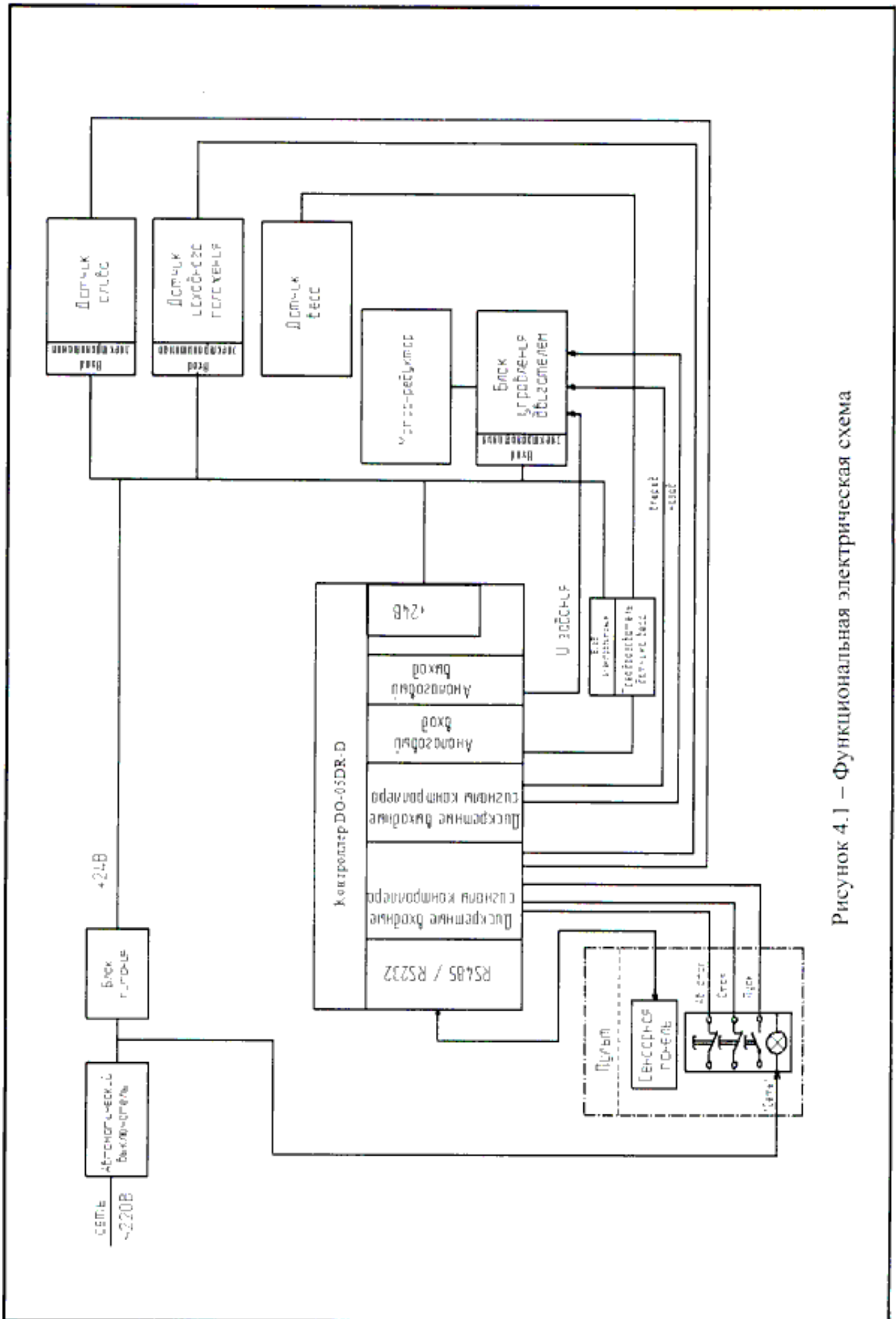


Рисунок 4.1 – Функциональная электрическая схема

Для подвода внешнего источника питания постоянного тока используются четыре левых клеммы. Восемь входных каналов постоянного тока используют клеммы, расположенные в середине клеммника. Входы сгруппированы в две группы по 4 канала. Каждая группа имеет общую изолированную клемму и может работать либо как приемник, либо как источник. В приведенном выше примере все общие цепи соединены в одну, но возможно использовать отдельные источники питания и общие цепи. Схема эквивалентной цепи для стандартных входов представлена выше, а схема высокоскоростной входной цепи – слева. Шесть выходных каналов используют клеммы, расположенные в правой части клеммника. Выходы сгруппированы в два блока по три реле с нормально разомкнутыми контактами. Каждому блоку отводится одна общая клемма. В приведенном выше примере все общие провода соединены в одной точке, но можно использовать отдельные источники питания и общие цепи. На эквивалентной схеме выходной цепи представлен один канал группы. Релейные контакты могут использоваться в цепях постоянного или переменного тока.

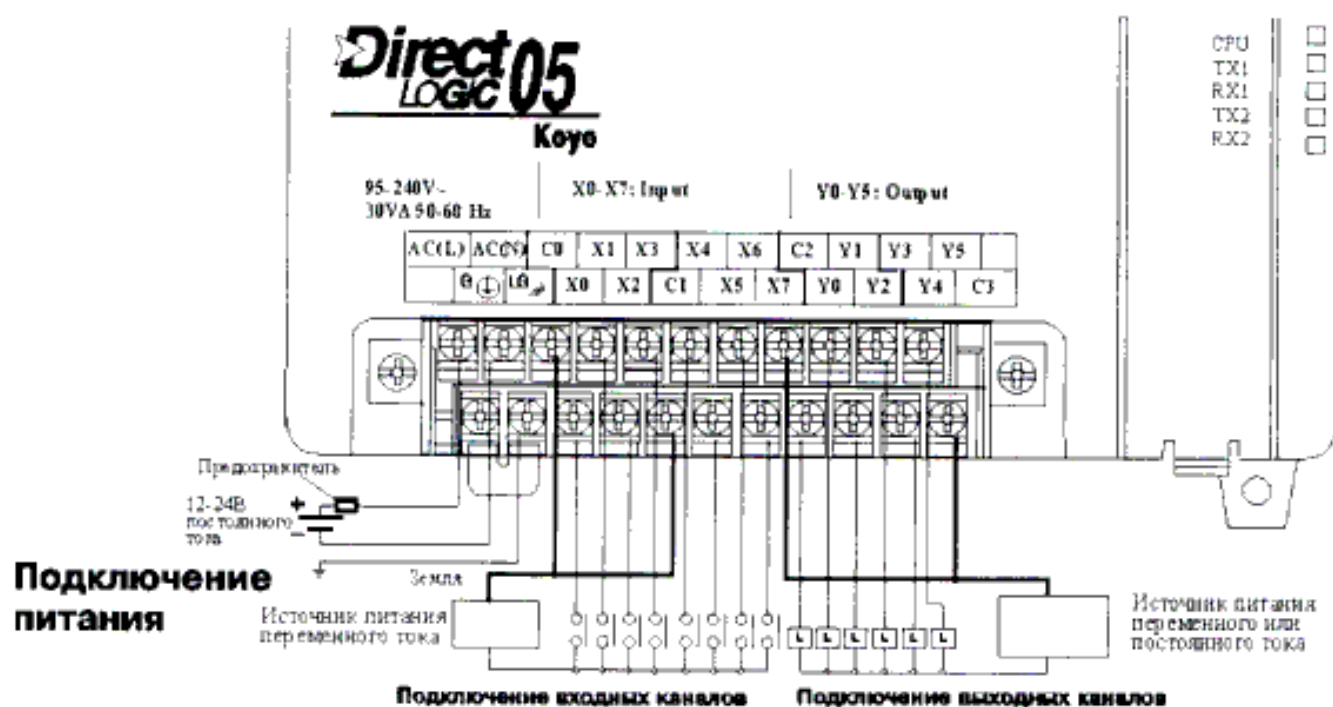


Рисунок 4.2 – Типовая схема соединений входов/выходов контроллера D0-05DR-D

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

220301.2016.022.00 ПЗ

Лист

27

Таблица 4.1 – Основные характеристики контроллера D0-05DR-D

Параметр	Значение параметра
Потребление электроэнергии	12-24В постоянного тока, макс. 20 Вт
Порт связи 1: 9600 бод (фиксировано), 8 бит данных, 1 стоповый бит, проверка на нечетность	<i>K-Sequence (Slave), DirectNET (Slave), MODBUS (Slave)</i>
Порт связи 2: 9600 бод (по умолчанию), 8 бит данных, 1 стоповый бит, проверка на нечетность	<i>K-Sequence (Slave), DirectNET (Master/Slave), MODBUS (Master/Slave), Non-sequence/на принтер</i>
Тип программного кабеля	<i>D2-DSCBL</i>
Рабочая температура	от 0 до +55 °С
Температура хранения	от -20 до +70 °С
Относительная влажность	От 5 до 95 % (без конденсации)
Воздушная среда	Без агрессивных газов
Вибрация	<i>MIL STD 810C 514.2</i>
Ударная нагрузка	<i>MIL STD 810C 516.2</i>
Помехоустойчивость	<i>NEMA ICS3-304</i>
Тип клеммной колодки	Съемный
Сечение провода	Один провод 1,5 мм <sup>2</sup> или 2 провода 0,75 мм <sup>2</sup>

Таблица 4.2 – Характеристики входов постоянного тока контроллера D0-05DR-D

Параметр	Быстродействующие входы X0-X2	Стандартные входы X3-X7
Диапазон напряжения	10,8-26,4 В	10,8-26,4 В
Рабочий диапазон напряжения	12-24 В	12-24 В
Максимальное напряжение	30 В	30 В
Минимальная длительность импульса	100мкс	Нет
Напряжение включения	> 10 В постоянного тока	> 10 В постоянного тока
Напряжение выключения	< 2,0 В постоянного тока	< 2,0 В постоянного тока
Максимальный потребляемый ток	6 мА при 12 В 13 мА при 24 В	14 мА при 12 В 8,5 мА при 24 В
Входное сопротивление	1,8 кОм при 12–24 В	2,8 кОм при 12–24 В
Минимально потребляемый ток	>5 мА	>4 мА
Ток утечки	<0,5 мА	<0,5 мА
Время срабатывания выключения	<100 мкс	от 2 до 8 мс, обычно 4 мс
Время срабатывания включений	<100 мкс	от 2 до 8 мс, обычно 4 мс
Срабатывание индикаторов	от логических цепей	

Таблица 4.3 – Характеристики релейных выходов Y0-Y5 контроллера D0-05DR-D

Параметр	Релейные выходы Y0-Y5
Диапазон выходного напряжения	5-264В переменного тока (47-63 Гц), 5-30В постоянного тока
Рабочий диапазон напряжения	6-240В переменного тока (47-63 Гц), 6-27В постоянного тока
Сила тока на выходе	2А / точка, 6А / в общей цепи
Макс. ток утечки	0.1 мА при 264В переменного тока
Наименьшая рекомендуемая нагрузка	5 мА при 5В постоянного тока
Время срабатывания ВЫКЛ-ВКЛ	< 15мс
Время срабатывания ВКЛ-ВЫКЛ	< 10мс
Срабатывание индикаторов состояния	От логических цепей
Общие	На 3 канала 1общий, 2 группы
Предохранители	Нет (рекомендуются внешние)

DL05 имеет 6К слов памяти, включающей 2.0К программной памяти и примерно 4К слов V-памяти (регистры данных). Программы хранятся в ЭППЗУ (*Flash*), которая является частью платы ЦПУ. Кроме ЭППЗУ на плате

процессора имеется также оперативная память (*RAM*), в которой могут храниться параметры системы, V-память и другие данные, не относящиеся к прикладной программе. Оперативная память поддерживается конденсатором, сохраняющим данные несколько часов в случае потери питания. Конденсатор автоматически подзаряжается при работе ПЛК. Имеется более 120 команд (включая барабанный командоаппарат и 4 контура ПИД-регулирования с самонастройкой), для разработки программ и интенсивная внутренняя диагностика доступная для прикладных программ. В главах 5, 6 и 7 подробно описаны все команды. DL05 имеет два встроенных последовательных RS232C порта, так что можно легко подсоединить ручной программатор, операторскую панель или персональный компьютер. Конфигурация контроллера DL05 представлена на рисунке 4.3, технические характеристики контроллера DL05 представлены в таблице 4.4.

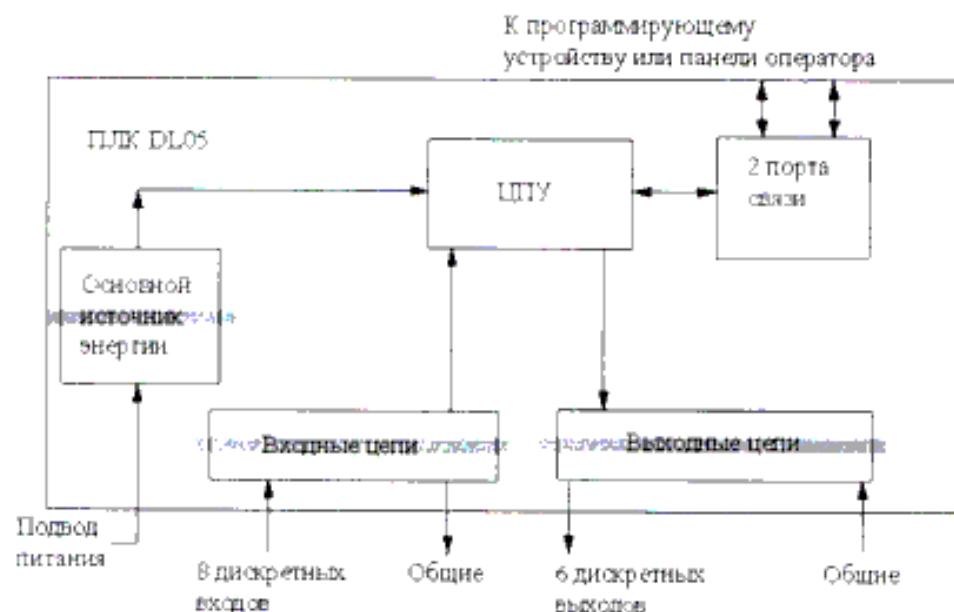


Рисунок 4.3 – Конфигурация контроллера DL05

Таблица 4.4 – Технические характеристики контроллера DL05

Техническая характеристика	Значение параметра
Общая память пользователя, слов	6 К
Программная память, слов	2048
Вся V-память, слов	4096
V-память пользователя, слов	3968
Неразрушаемая V-память, слов	128
Выполнение 1 булевой операции	2,0мкс
Типичный цикл работы (1К булевых команд)	от 2,7 до 3,2мс
Программирование на языках <i>RLL</i> и <i>RLLplus</i>	Да
Ручной программатор	Да
Редактирование в рабочем режиме	Да
Цикл работы (сканирование)	переменный / фиксированный
Программирование <i>DirectSOFT32</i> для <i>Windows</i>	Да
Встроенные коммуникационные порты ( <i>RS232C</i> )	Да
ЭПЗУ ( <i>Flash</i> )	стандартная на процессоре
Доступные локальные каналы дискретного ввода/вывода	14
Количество каналов (опция)	4
Техническая характеристика	значение параметра
Высокоскоростной ввод/вывод (квадр., импульсный выход, прерывание, импульсный вход с защелкой и др.)	Да, 2
Встроенные ПИД-регуляторы	4
Число доступных команд	129
Управляющие реле	512
Специальные реле (системные)	256

Продолжение таблицы 4.4

Техническая характеристика	Значение параметра
Стадии в <i>RLLplus</i>	512
Таймеры	128
Счетчики	128
Немедленный ввод/вывод	Да
Вход прерывания (аппаратное/по времени)	Да/Да
Подпрограммы	Да
Циклы FOR/NEXT	Да
Математика (целочисленная и плавающая точка)	Да
Барабанные командоаппараты	Да
Часы истинного времени/календарь	Нет
Внутрисистемная диагностика	Да
Защита паролем	Да
Регистрация системных ошибок	Нет
Регистрация ошибок пользователя	Нет
Батарейное питание	нет (конденсатор)

В качестве аналогового модуля ввода-вывода выбран комбинированный аналоговый модуль ввода/вывода *F0-2AD2DA-2*, который имеет следующие возможности:

- аналоговые каналы ввода и вывода обновляются в одном цикле;
- съемный клеммный блок позволяет вынимать модуль из контроллера без отключения проводов от полевых устройств;
- аналоговые каналы ввода можно использовать в качестве переменных процесса для восьми контуров в контроллере *DL05*;
- активный аналоговый фильтр и процессор типа *RISC*, встроенные в модуль, обеспечивают точную цифровую обработку и измерение аналогового сигнала в условиях помех.

Технические характеристики аналогового модуля ввода/вывода *F0-2AD2DA-2* приведены в таблицах 4.5-4.7 [3].

Таблица 4.5 – Входные характеристики аналогового модуля ввода/вывода *F0-2AD2DA-2*

Параметр	Значение параметра
Количество каналов	2, однополярные (один общий)
Диапазон входных сигналов	0-5 В или 0-10В постоянного тока
Разрешение	12 бит (1 единица счета из 4 096)
Переходная характеристика	10,0мс (типичное значение) до 95 % от амплитуды единичного скачка
Перекрестная помеха	-80 дБ, максимум ½ счета
Активная фильтрация низких частот	-3 дБ при 300 Гц (-12 дБ на октаву)



Продолжение таблицы 4.5

Параметр	Значение параметра
Входное сопротивление	Больше, чем 20 кОм
Максимально допустимое значение входного сигнала	$\pm 15$ В
Ошибка линейной аппроксимации (во всем диапазоне)	Максимум $\pm 2$ счета (0,025 % от полной шкалы)
Стабильность по входу	$\pm 1$ счет
Ошибка коэффициента передачи	$\pm 6$ счет
Погрешность смещения калибровки	$\pm 2$ счета
Максимальная погрешность	$\pm 0,3$ % при 25 °С $\pm 0,6$ % при 60 °С
Зависимость погрешности от температуры	$\pm 100$ ppm/°С (типичное значение)

Таблица 4.6 – Выходные характеристики аналогового модуля ввода/вывода F0-2AD2DA-2

Параметр	Значение параметра
Количество каналов	2, однополярные (один общий)
Диапазон выходных сигналов	0–5 В или 0–10 В постоянного тока (устанавливается переключкой)
Разрешение	12 бит (1 единица счета из 4 096)
Время установления выходного сигнала	50,0мкс (при изменении на всю шкалу)
Перекрестная помеха	-80 дБ, максимум ½ счета
Максимальное выходное напряжение	$\pm 15$ В постоянного тока (ограничено источником питания)
Погрешность смещения калибровки	0,1 % от диапазона
Ошибка коэффициента передачи	0,4 % от диапазона
Ошибка линейной аппроксимации (во всем диапазоне)	Максимум $\pm 1$ счет ( $\pm 0,075$ % от полной шкалы)
Стабильность по выходу	$\pm 2$ счет
Сопротивление нагрузки	Минимум 2 кОм
Емкость нагрузки	Максимум 0,01 мкФ
Зависимость погрешности от температуры	$\pm 1 \cdot 10^{-9}$ промилль / °С (типичное значение)

Таблица 4.7 – Общие характеристики аналогового модуля ввода/вывода *F0-2AD2DA-2*

Параметр	Значение параметра
Частота обновления данных в контроллере	2 входных канала за цикл, 2 выходных канала за цикл
16-битовое слово данных	Используется 12 бит двоичных данных
Рабочая температура	от 0 до +60 °С
Температура хранения	от -20 до +70 °С
Относительная влажность	от 5 до 95 % (без конденсации влаги)
Окружающая воздушная среда	Без газов, вызывающих коррозию
Виброустойчивость	<i>MIL STD 810C 514,2</i>
Ударостойкость	<i>MIL STD 810C 516,2</i>
Помехоустойчивость	<i>NEMA ICS3-304</i>
Потребление тока от внутреннего источника питания контроллера	50мА
Потребление тока от внешнего источника питания	30мА, 24В постоянного тока ± 10 %
Разъем	<i>Phoenix Mecano, Inc.</i>
Размер проводов, подключаемых к разъему	28–16 AWG
Усилие затяжки винтов разъема	0,4Нм

#### 4.3 Выбор датчика веса

Датчик веса используется для взвешивания подвесных емкостей и баков. Датчик веса выбирается по типу исполнения и техническим характеристикам. В качестве датчика веса *RP* для разливочного ковша выбран тензорезисторный датчик *C2H* [4]. Благодаря конструктивным особенностям *S*-образный тензодатчик может измерять двуполярную нагрузку, работать в любых условиях окружающей среды, при применении стандартных узловстройки имеют высокую точность. Технические характеристики датчика приведены в таблице 4.8. Массогабаритные параметры приведены в таблице 4.9. Общий вид датчика представлен на рисунке 4.4.

Таблица 4.8 – Технические характеристики тензорезисторного датчика *C2H*

Параметры датчика	Единицы измерения	Значения параметров
1	2	3
Наибольший предел измерения (НПИ)	кг	1000
Класс точности по ГОСТ30129		C3
Число поверочных интервалов		3000
Минимальный поверочный интервал		НПИ/10000
Рабочий коэффициент передачи (РКП)	мВ/В	2±0,002

Продолжение таблицы 4.8

1	2	3
Начальный коэффициент передачи (НКП)	% от РКП	<3
Комбинированная погрешность	% от РКП	$\leq \pm 0,020$
Ползучесть (30 минут)	% от РКП	$\leq \pm 0,025$
Изменение НКП от температуры	% от РКП/°С	$\leq \pm 0,0014$
Изменение РКП от температуры	% от РКП/°С	$\leq \pm 0,0011$
Наибольшее напряжение питания постоянного тока	В	12
Сопротивление входное	Ом	1100±20
Сопротивление выходное	Ом	1000±2
Сопротивление изоляции	ГОм	$\geq 5$
Диапазон термокомпенсации	°С	от-10 до+40
Рабочий диапазон температур	°С	от-30 до+50
Диапазон температур хранения	°С	от-40 до+50
Степень защиты по ГОСТ 14254		IP68
Допустимая перегрузка в течение не более 1 часа	% от НПИ	25
Разрушающая нагрузка	% от НПИ	300
Материал датчика		нержавеющая сталь

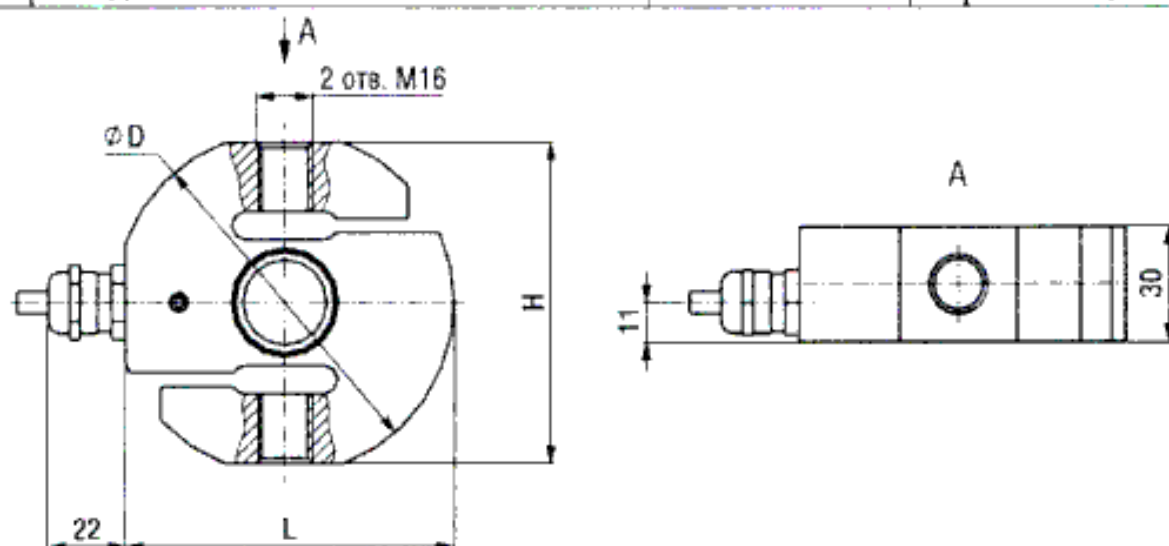


Рисунок 4.4—Общий вид тензорезисторного датчика С2Н

Таблица 4.9 – Массогабаритные параметры

НПИ, кг	L, мм	H, мм	D, мм	Масса датчика, кг	Длина кабеля, м
1000	94	90	96	1,4	3

#### 4.4 Выбор тензопреобразователя датчика веса

В качестве тензопреобразователя датчика веса выбран аналоговый тензопреобразователь-усилитель LAC 74.1[5]. Технические характеристики аналогового

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

тензопреобразователя-усилителя LAC 74.1 приведены в таблице 4.10. Внешний вид представлен на рисунке 4.5, конфигурация аналогового тензопреобразователя-усилителя LAC 74.1 представлена на рисунке 4.6

Таблица 4.10 – Технические характеристики аналогового тензопреобразователя усилителя LAC 74.1

Структура	Параметр	Значение параметра
Блок преобразования	Нелинейность	< 0,01% шкалы
	Чувствительность по входу	≥ 0,3мкВ
	Фиксированный фильтр	33 Гц с частотной отсечкой (5мс)
	Регулируемый фильтр	от 33 до 0,33 Гц с частотной отсечкой (от 5до 500мс)
	Температурное отклонение	ноля: ≤ 25ppm/°C; шкалы: ≤ 50ppm/°C
Входные сигналы (тензодатчик)	Питание датчиков	10В пост. Тока
	Общее сопротивление тензомоста	от 84 до 350Ом (при параллельном подключении тензодатчиков)
	Измерительный диапазон	от -0,1 до +3,5 мВ/В (настраивается пользователем)
	Схема соединения	4/6-проводная
Выходные сигналы	Токовый	от 0,4 до 20мА
	Дискретный	открытый коллектор, НЗ при наличии питания
	Нагрузочная способность	300мА / 30В пост. тока
	Возможные функции	– обрыв измерительного канала; – обрыв цепи питания (или цепи компенсации «Sense Voltage»); – обрыв цепи выходного сигнала; – перегрузка выходного сигнала
Питание прибора	Постоянный ток (DC)	12...24 В (предусмотрена защита от переплюсовки и превышения питающего напряжения)
	Переменный ток (AC)	14...18 В / 50...60 Гц
	Потребляемая мощность	≤ 3 Ватт
Климатическое исполнение	Температура	от -20 до +50°С (рабочая), от -20 до +60°С (хранения)
	Класс защиты	IP40
Прочее	Монтажно-габаритные размеры (Д×В×Ш), мм	135×66×18
	Монтаж	DIN-рейка TS35 мм

Прецизионный тензопреобразователь *LAC 74.1* предназначен для работы в системах автоматического управления, регулирования, измерения и подготовки полезного сигнала для дальнейшей обработки.

Осуществляет преобразование и нормирование аналогового милливольтного сигнала (например, тензодатчиков) в токовый от 0,4 до 20мА или вольтный от 0 до 10В сигнал.

Устройство отличается широкими возможностями по настройке тракта преобразования-усиления и по техническим характеристикам не уступает цифровым устройствам, аттестованным для работы с весами по III (среднему) классу точности, ГОСТ 29329.

Особенности:

- схема соединений с тензодатчиками 4-/6-проводная. Два типа фильтрации;
- встроенные *DIP*-переключатели и потенциометры для настройки;
- встроенные светодиодные индикаторы наличия питания, оценки полезного сигнала «низкий», «высокий», «норма»;
- диагностирование обрыва измерительного канала;
- диагностирование обрыва линии питания прибора.



Рисунок 4.5 – Внешний вид аналогово тензопреобразователя-усилителя *LAC 74.1*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

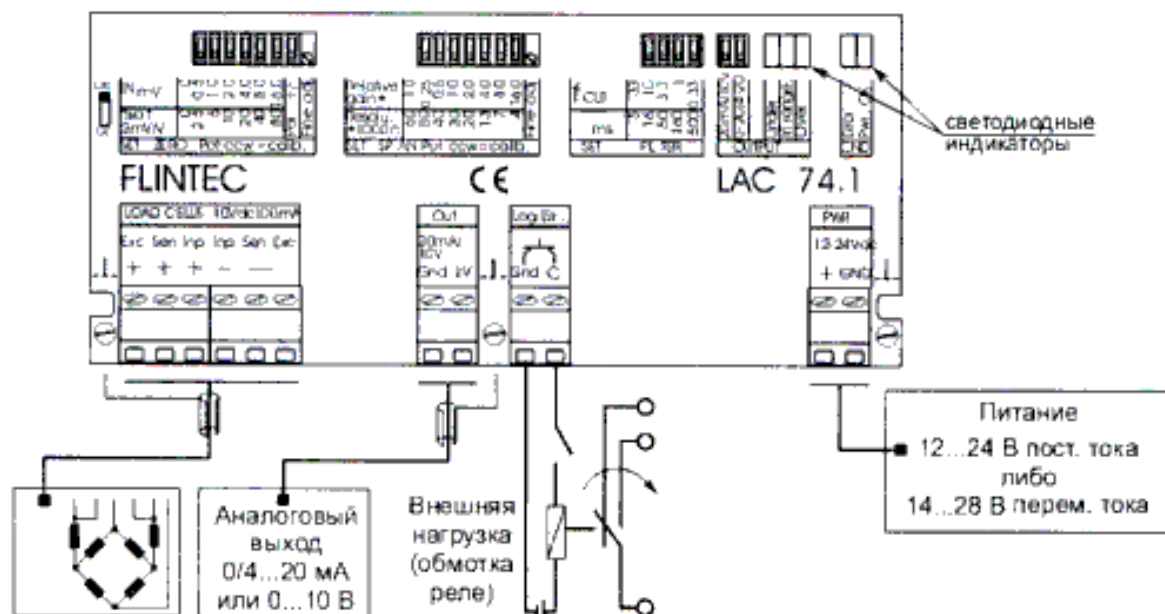


Рисунок 4.6 – Конфигурация аналогово тензопреобразователя-усилителя LAC 74.1

#### 4.5 Выбор датчика исходного положения

В качестве датчика исходного положения *BQ* разливочного ковша выбран бесконтактный индуктивный датчик *ISB A8A-31P-10-LZ*, технические характеристики которого приведены в таблице 4.11 [6]. Внешний вид представлен на рисунке 4.7

Таблица 4.11 – Технические характеристики индуктивного датчика *ISB A8A-31P-10-LZ*

Параметр	Значение параметра
Размер корпуса, мм	M30x1,5x56
Материал корпуса	D16T (ЛС59-1)
Способ установки в металл	Встраиваемый
Способ подключения	С помощью кабеля
Номинальное расстояние срабатывания, мм	10
Падение напряжения при $I_{max}$ , В	$\leq 2,5$
Частота переключения, $f_{max}$ , Гц	300
Диапазон рабочих температур, °C	от -25 до +75
Рабочий зазор, мм	от 0 до 8
Диапазон рабочих напряжений, $U_{раб.}$ , В	от 10 до 30
Максимальный рабочий ток, $I_{max}$ , мА	400
Световая индикация	Есть
Присоединение	Разъем M12
Тип контакта / Структура выхода	PNP Замыкающий
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP67

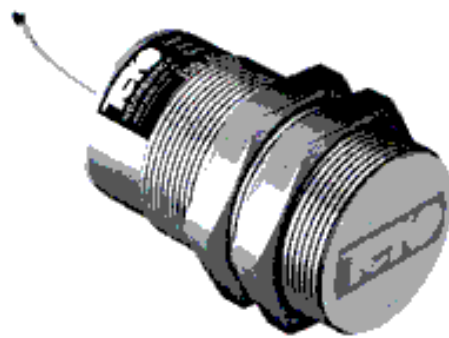


Рисунок 4.7 – Внешний вид индуктивного датчика *ISB A8A-31P-10-LZ*

#### 4.6 Датчик слива (фотодатчик)

Фотодатчики сигнализирующие предназначены для преобразования пульсаций потока инфракрасного оптического излучения в электрический сигнал в виде переключающихся контактов реле. Фотодатчик информирует о начале слива металла из ковша. Сигнал от датчика поступает в контроллер. Контроллер в свою очередь выдает регулирующий сигнал на блок управления двигателем для регулировки скорости вращения ковша.

В качестве датчика слива *BL* выбран фотодатчик сигнализирующий ФДС-01, технические характеристики которого представлены в таблице 4.12 [7]. Внешний вид и клеммная колодка представлены на рисунке 4.8.

Таблица 4.12 – Технические характеристики ФДС-01

Параметр	Значение параметра
Спектральный диапазон, мкм	1,8
Время срабатывания, с	1
Длина линии связи с устройством автоматики, м	<500
Напряжение питания, постоянный ток, В	24 ± 3
Потребляемый ток, не более, А	0,1
Допустимая нагрузка на контакты реле, А	2
Сопротивление изоляции, МОм	>100
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ 2.1
Температурный диапазон работы датчика, °С	от -40 до +60
Степень защиты по ГОСТ 14254-80	IP40
Габаритные размеры (без фланца), мм	60×140×85
Масса, не более, кг	0,3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Конт.	Цель
1	220В F
2	220В N
3	+24В
4	-24В
5	Факел есть
6	Факел общий
7	Факел нет
8	Факел есть
9	Факел общий
10	Факел нет

Рисунок 4.8 – Фотодатчик сигнализирующий ФДС-01:  
а) внешний вид; б) клеммная колодка.

#### 4.7 Выбор светосигнальной аппаратуры

Установленная на пульте управления светосигнальная аппаратура используется для визуализации состояния напряжения.

В качестве индикаторной лампы НЛ1 наличия напряжения на выходе автоматического выключателя QF1 выбрана светодиодная индикаторная лампа СКЛ 11А-3-2-220, предназначенные для установки на панелях электрощитов, пультов и прочего электрооборудования. Крепление к панели производится при помощи гайки. Технические характеристики индикаторной лампы СКЛ 11А-3-2-220 приведены в таблице 4.13 [8].

Таблица 4.13 – Технические характеристики индикаторной лампы СКЛ 11А-3-2-220

Параметр	Значение параметра
Постоянный ток	20мА
Переменный ток	10мА
Сила света	15мкд
Цвет свечения	зеленый
Рабочее напряжение	220 В
Присоединение	M27×1,5

#### 4.8 Выбор управляющей аппаратуры

Запуск, остановка автоматического режима осуществляется с пульта управления при помощи панели оператора. Ручной режим работы также осуществляется с панели оператора при помощи сенсорного дисплея. Кнопки включения и отключения, а также кнопки аварийного стопа, рабочего пуска и рабочего стопа расположены непосредственно на пульте управления. Данная аппаратура выбирается по напряжению питания и токам в цепи.



В качестве кнопок для управления процессом включения-выключения поворота ковша выбраны кнопка н.о. черная и кнопка н.з. красная KE 011 исполнение 2, соответственно. В качестве кнопки аварийного стопа выбрана кнопка «грибовидная» KE 011 исполнение 2.

В качестве сенсорной операторской панели выбрана панель фирмы *Weintek* серии *MT8000* – панель оператора *MT8070i*. Современные сенсорные операторские панели *Weintek* отличаются широкой функциональностью и высокой надежностью. Модельный ряд сенсорных панелей оператора *Weintek* включает в себя готовые к использованию графические панели оператора с бесплатным программным обеспечением визуализации (серии *MT6000* и *MT8000*). Внешний вид панели представлен на рисунке 4.9. Технические характеристики панели оператора *MT8070i* приведены в таблице 4.14 [9].

Таблица 4.14 – Технические характеристики панели оператора *MT8070i*

Параметр	Значение параметра
Дисплей	Жидкокристаллический, 7" TFT LCD
Яркость	450 cd/m <sup>2</sup>
Цвета	65,536 цветов
Контраст	500:1
Разрешение (Ш×В точек)	800 x 480
Подсветка	Светодиодная (LED)
CCFL время жизни (среднее)	30,000 часов, минимально.
Сенсорный экран	Резистивного типа, 4-хпроводный
Коммуникационные порты	Com1: RS-232/RS-485 2w/4w, Com2: RS-232, Com3: RS-232/RS-485 2w
Ethernet	Есть (10/100Base-T)
USB порты	USB1.1 (Host), USB 2.0 (Client)
Процессор	32-х битовый RISC ЦПТУ, 400MHz
Память	64 MB DDR2 128 MB flash-память
Часы реального времени (RTC)	Встроенные
Питание	24±20% В постоянного тока,
Максимальное потребление	250 мА = 24В постоянного тока
Уровень защиты	Лицевая панель – IP65 (с кольцевым уплотнением)
Рабочая температура	от 0 до +45 °С
Рабочая влажность	от 10 до 90 % RH (без конденсации)



Рисунок 4.9 – Внешний вид панели оператора MT8070i

#### 4.9 Выбор блока питания

Блок питания необходим для преобразования переменного напряжения ~220В до напряжения +24В для питания аппаратов низкого напряжения. Выбор блока питания осуществляется по входному и выходному напряжению, а также потребляемой мощности одновременно работающих аппаратов, подключенных к цепи +24 В.

Расчет мощности блока питания производится по формуле  $P_{б.п.}$ , Вт:

$$P_{б.п.} = 1,2 \cdot (P_{BL1} + P_{UZ1} + P_{МК1} + P_{ТП1} + P_{SQ1} + P_{ПО}),$$

где  $P_{BL1}$  – мощность фотодатчика  $BL_1$ ,  $P_{BL1} = 2,4$  Вт;

$P_{UZ1}$  – мощность блока управления двигателем  $UZ_1$ ,  $P_{UZ1} = 60$  Вт;

$P_{МК1}$  – мощность микроконтроллера  $МК_1$ ,  $P_{МК1} = 20$  Вт;

$P_{ТП1}$  – мощность тензопреобразователя  $ТП_1$ ,  $P_{ТП1} = 3$  Вт;

$P_{SQ1}$  – мощность индуктивного датчика  $SQ_1$ ,  $P_{SQ1} = 9,6$  Вт;

$P_{ПО}$  – мощность панели оператора,  $P_{ПО} = 6$  Вт.

$$P_{б.п.} = 1,2 \cdot (2,4 + 60 + 20 + 3 + 9,6 + 6) = 121,2 \text{ Вт.}$$

Расчет тока блока питания производится по формуле  $I_{б.п.}$ , мА:

$$I_{б.п.} = 1,2 \cdot (8 \cdot I_{R1} + 8 \cdot I_{ID1} + I_{K7} + 2 \cdot I_{M1} + I_{K10} + 4 \cdot I_{SQ1} + 3 \cdot I_{SQ4} + I_{SQ12} + I_{ПО}),$$

где  $I_{BL1}$  – ток фотодатчика  $BL_1$ ,  $I_{BL1} = 0,1$  А;

$I_{UZ1}$  – ток блока управления двигателем  $UZ_1$ ,  $I_{UZ1} = 2,5$  А;

$I_{МК1}$  – ток микроконтроллера  $МК_1$ ,  $I_{МК1} = 0,83$  А;

$I_{ТП1}$  – ток тензопреобразователя  $ТП_1$ ,  $I_{ТП1} = 0,125$  А;

$I_{SQ1}$  – ток индуктивного датчика  $SQ_1$ ,  $I_{SQ1} = 0,4$  А;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$I_{\text{по}}$  – ток панели оператора,  $I_{\text{по}} = 0,25 \text{ A}$ .

$$I_{6.н.} = 1,2 \cdot (0,1 + 2,5 + 0,83 + 0,125 + 0,4 + 0,25) = 5,046 \text{ A}.$$

Выбран блок питания *RHINO* серии *PSM*. Блоки питания *RHINO* серии *PSM* представляют собой новое поколение импульсных блоков питания. Армированный металлический корпус позволяет использовать их в самых жестких условиях эксплуатации, защищая от механических повреждений и вибрации в соответствии с *IEC 68-2*. Возможность же монтажа на DIN-рейку и компактные размеры еще больше расширяют сферу их применения. Все модели этой серии имеют защиту от короткого замыкания, перегрузки и перегрева, оснащены универсальным входом питания 100/230 В и двухцветным индикатором.

Технические характеристики блока питания *PSM24-180S* приведены в таблице 4.15 [10].

Таблица 4.15 – Технические характеристики блока питания *PSM24-180S*

Параметр	Значение параметра
Выходная мощность (максимум)	180Вт
Частота входного напряжения	47-63Гц
Входное напряжение	220 В
Выходное напряжение постоянного тока	24 В
Диапазон подстройки	от 24 до 28В
Выходной ток (максимум)	7,5А
Защита от перегрузки	35В
Диапазон рабочих температур	от -25 до +70°C

#### 4.10 Выбор автоматического выключателя

Автоматические выключатели обеспечивают одновременно функции коммутации силовых цепей и защиты электроприемника, а также сетей от перегрузки и коротких замыканий.

Автоматические выключатели выбирают по их номинальному току и по напряжению:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ном, в}} \geq 1,2 \cdot \Sigma I_{\text{н}},$$

где  $\Sigma I_{\text{н}}$  – суммарный расчетный ток электроприемников, подключенных через автоматический выключатель.

б) по напряжению:

$$U_{\text{ном, в}} \geq U_{\text{с}},$$

где  $U_{ном.в}$  – номинальное напряжение автоматического выключателя, В;

$U_c$  – номинальное напряжение сети, В.

Выбор автоматического выключателя для защиты цепи блока питания  
Автоматический выключатель *QF1* предназначен для защиты цепи от токов короткого замыкания.

$$I_n = I_{HL1} + k \cdot I_{б.п.},$$

где  $I_{HL1}$  – ток индикаторной лампы *HL1*,  $I_{HL1} = 0,01$  А;

$k$  – коэффициент трансформации напряжения,  $k=0,11$ ;

$I_{б.п.}$  – ток блока питания,  $I_{б.п.}=5,046$  А.

$$I_n = 0,01 + 0,11 \cdot 5,046 = 0,565 \text{ А.}$$

$$I_{н.д} \geq 0,678 \text{ А, } U_{ном.д} \geq 220 \text{ В.}$$

В качестве автоматического выключателя выбран выключатель автоматический ВА 21-29. Автоматические выключатели серии ВА 21 предназначены для защиты электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий, оперативных включений и отключений этих цепей и проведения тока в номинальном режиме. Технические характеристики автоматического выключателя ВА 21-29-1П-1А представлены в таблице 4.16 [11].

Таблица 4.16 – Технические характеристики автоматического выключателя ВА21-29-1П-1А

Параметр	Значение параметра
Номинальное рабочее напряжение, В	380/660
Уставка номинального тока, А	1
Число полюсов	1
Наибольшая отключающая способность, кА	6,0
Тип расцепителя	Электромагнитный
Габаритные размеры, мм	35×147×122

Таким образом, автоматический выключатель ВА21-29 удовлетворяет необходимым условиям.

Выводы по разделу четыре: выбраны элементы системы автоматического управления с учетом потребляемого напряжения, массогабаритных размеров и совместимости, обеспечивающие работоспособность всего комплекса.

## 5 АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ РАЗЛИВОЧОГО КОВША

В алгоритм работы системы автоматизации разливочного ковша (рисунок 5.1) входит схема подготовки (рисунок 5.2) и схема заливки (рисунок 5.3) [12].

1. Начало – включение вводного автоматического выключателя с подачей напряжения на элементы САУ.

2. Подготовка – взвешивание массы пустого и полного ковша:

2.1 – начало подготовки;

2.2 – данные датчика исходного положения = 1;

2.3 – датчик исходного положения = 0;

2.4 – включении привода назад;

2.5 – выключении привода назад;

2.6 – вес ковша (оператор с панели вводит данные веса ковша);

2.7 – данные датчика веса;

2.8 – запоминаемые данные о массе ковша;

2.9 – вес полного ковша (оператор с панели вводит данные);

2.10 – данные датчика веса;

2.11 – запоминаемые данные о массе полного ковша;

2.12 – конец подготовки.

3. Пуск – оператор нажимает на кнопку «ПУСК»;

4. Заливка – predetermined процесс заливки стали:

4.1 – начало predetermined процесса заливки;

4.2 – оператор нажимает на кнопку «ПУСК»;

4.3 – процесс включения вперед МР;

4.4 – данные с датчика угла и датчика слива;

4.5 – датчик слива=1 (решение о выводе МР на заданную скорость);

4.6 – запоминаемые данные от датчика угла= $\alpha$  начальная;

4.7 – выполнение операции по выбору диаметра ковша и высоты металла;

4.8 – выполнение операции по расчету объема поверхности и площади детали;

4.9 – данные задания угловой скорости от времени;

4.10 – расчетная  $m_{стали} > m_{детали}$  (решение о заполнении детали сталью);

4.11 – процесс включения мотор-редуктора назад на  $10^\circ$ ;

4.12 – решение о достижении положения ковша назад на  $10^\circ$ ;

4.13 – данные датчика веса;

4.14 – выполнение процесса по расчету  $\Delta m$ ;

4.15 – выполнение процесса коррекции  $f(\alpha)$ ;

4.16 – процесс вывода данных на панель оператора;

4.17 – конец predetermined процесса заливки.

5. Решение об остановке поворота ковша ( $i = i_{\max}$  – где  $i$  – номер опоки,  $\alpha > 90^\circ$ );

6. Процесс возврата ковша в исходное положение;

7. Данные с датчика исходного положения;

8. Процесс вывода данных на панель оператора;

9. Конец алгоритма работы.

									Лист
									44
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	220301.2016.022.00 ПЗ				

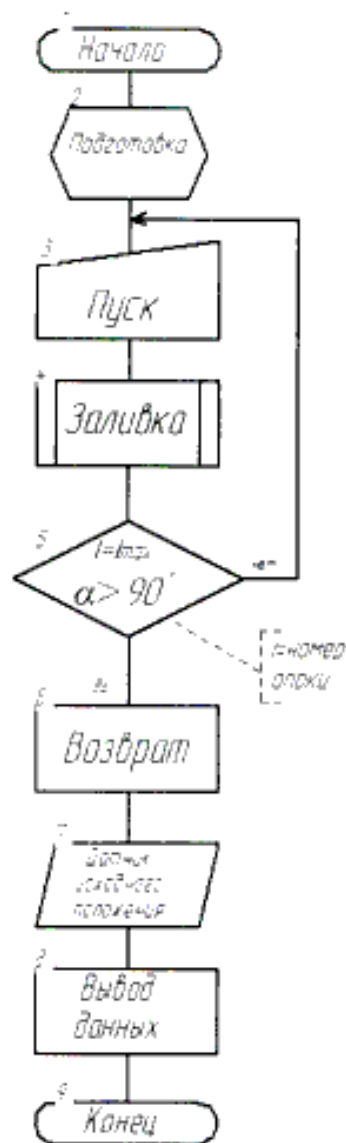


Рисунок 5.1 – Алгоритм работы системы автоматического управления металлоразливочного ковша

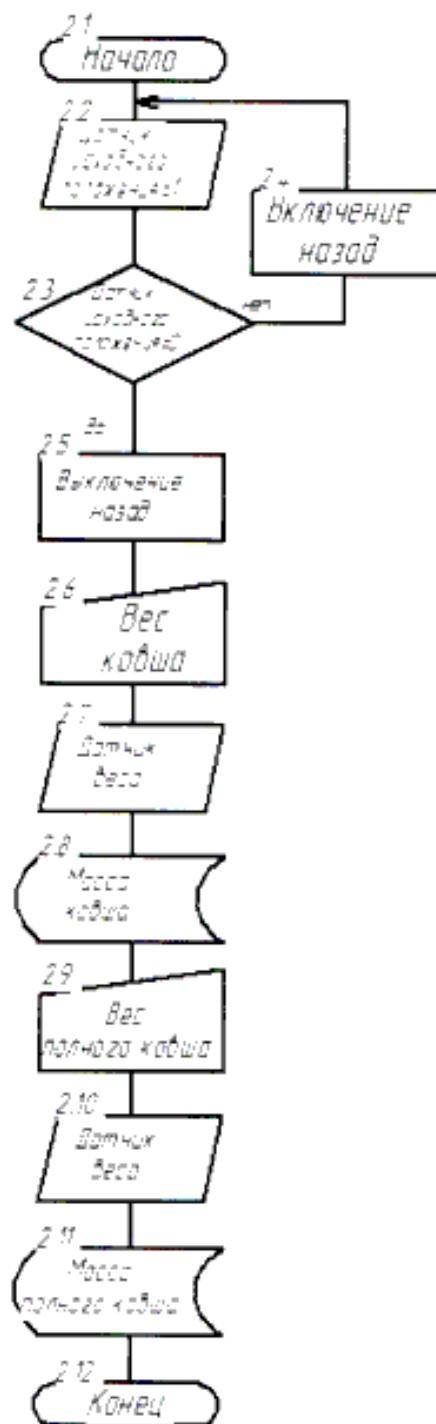


Рисунок 5.2 – Алгоритм подготовки

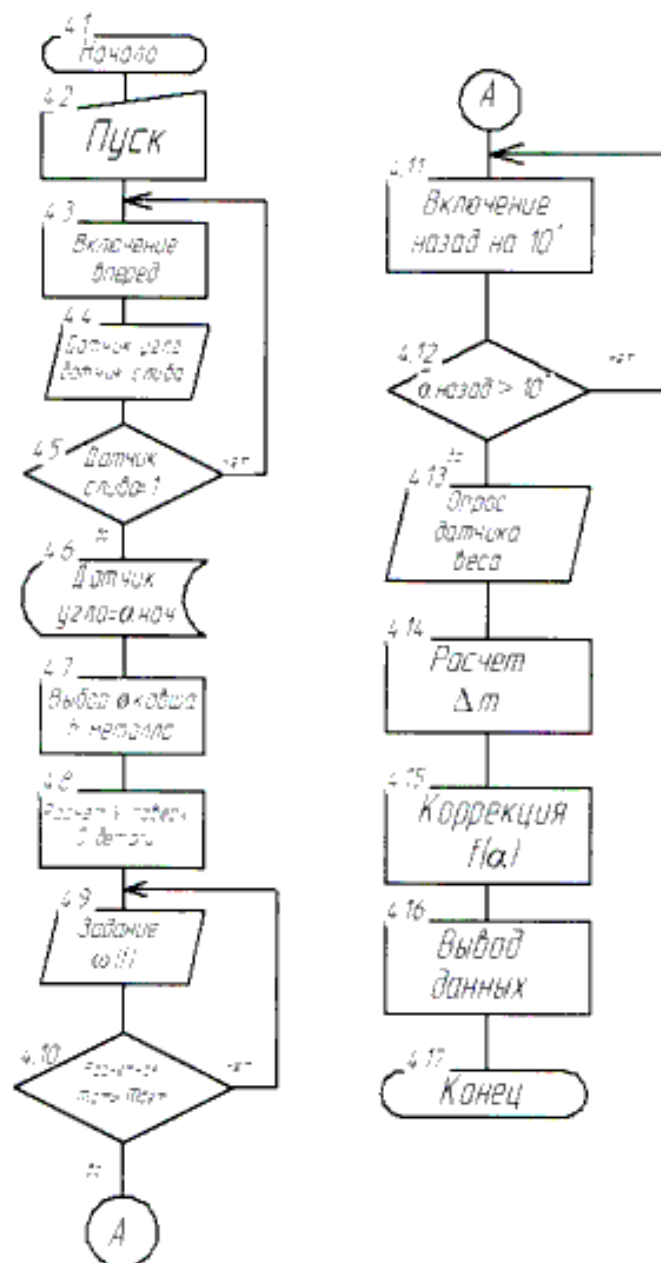


Рисунок 5.3 – Алгоритм заливки

Выводы по разделу пять: предложенные алгоритмы позволяют автоматически управлять режимами подготовки металлоразливочного ковша, непосредственно заливки форм и возврата ковша в исходное положение. То есть алгоритмы позволяют обеспечить стабилизацию скорости подъема в пределах технологических требований, не зависимо от отклонения геометрии футеровки.



## 6 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Основанием для проведения технико-экономического обоснования является определение экономической эффективности внедрения системы автоматизации разливочного ковша ЗАО «УЗЦМ». Экономический эффект выражается в том, что:

- уменьшится количество операторов с двух до одного;
- повысится качество продукции за счет точного соблюдения технологического процесса.

В данном пункте дипломного проекта рассчитан экономический эффект от внедрения автоматизированного управления и увеличения производительности установки [13].

### 6.1 Расчет капитальных затрат на внедрение системы автоматизации

Капитальные затраты складываются из затрат на оборудование и материалов, указанных в таблице 6.1, неучтенного оборудования и транспортных услуг.

Таблица 6.1 – Затраты на оборудование и материалы

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Контроллер <i>DO-05DR-D</i>	1	9801	9801
Аналоговый модуль <i>FO-2AD2DA-2</i>	1	11200	11200
Мотор-редуктор 112.80.2	1	11500	11500
Блок управления двигателем	1	5300	5300
Тензорезисторный датчик <i>C2H</i>	1	6500	6500
Индуктивный датчик <i>ISB A8A-31P-10-LZ</i>	1	550	550
Фотодатчик сигнализирующий ФДС-01	1	5310	5310
Панель оператора <i>MT8070i</i>	1	13000	13000
Кнопка «пуск-стоп»	3	150	450
Светосигнальная лампа	1	65	65
Блок питания	1	8765	8765
Автоматический выкл.	1	70	70
Щит с монтажной панелью	1	3000	3000
Провод ПВС 3×2,5	50	30	1500
Итого			77000

$$S_{\text{кап}} = +S_{\text{обор. мат}} + S_{\text{неуч}} + S_{\text{трансп}}$$

где  $S_{\text{обор. мат}}$  – стоимость оборудования и материалов, руб.,  $S_{\text{обор. мат}} = 77000$ ;

$S_{\text{неуч}}$  – стоимость неучтенного оборудования составляет 10% от  $S_{\text{обор. мат}}$ ;

$S_{\text{трансп}}$  – стоимость транспортных услуг составляет 10% от  $S_{\text{обор. мат}}$

$$S_{\text{кап}} = 77000 + 7700 + 7700 = 92400 \text{ руб.}$$

В стоимость затрат входят: проектирование; монтаж и установка оборудования; пуско-наладочные работы, в том числе и опытно промышленная эксплуатация.

Расчет стоимости проектирования:

$$S_{\text{проект}} = (Z_{\text{м}} \cdot K_{\text{у}} + H_{\text{с.в}}) \cdot N_{\text{проект}} \cdot B_{\text{проект}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячная заработная плата, руб.,  $Z_{\text{м}} = 30000$ ;

$K_{\text{у}}$  – районный коэффициент составляет 1,15;

$H_{\text{с.в}}$  – отчисления на социальные нужды 1,3;

$N_{\text{проект}}$  – количество проектировщиков,  $N_{\text{проект}} = 2$  чел.;

$B_{\text{проект}}$  – время на проектирование,  $B_{\text{проект}} = 3$  месяца

$$S_{\text{проект}} = (30000 \cdot 1,15 \cdot 1,3) \cdot 2 \cdot 3 = 269100 \text{ руб.}$$

затраты

$$S_{\text{п.м}} = S_{\text{проект}} + S_{\text{м}} + S_{\text{п-н}},$$

где  $S_{\text{проект}}$  – стоимость проектирования,  $S_{\text{проект}} = 269100$  руб.;

$S_{\text{м}}$  – стоимость монтажа и установки оборудования составляет 30% от капитальных затрат,  $S_{\text{м}} = 27720$  руб.;

$S_{\text{п-н}}$  – стоимость пуско-наладочных работ составляет 60% от капитальных затрат,  $S_{\text{п-н}} = 55440$  руб.

$$S_{\text{п.м}} = 269100 + 27720 + 55440 = 352260 \text{ руб.},$$

$$\Delta K = S_{\text{кап}} + S_{\text{п.м}},$$

$$\Delta K = 92400 + 352260 = 444660 \text{ руб.}$$

## 6.2 Расчет эксплуатационных затрат

Расчет производится при ручном и автоматизированном управлении.

Автоматизация ковша позволила уменьшить количество рабочих с 2 до 1.

Основная заработная плата оператора-литейщика за год при автоматизированном управлении, определяется по формуле

$$Z_{\text{п.л}} = (Z_{\text{м}} \cdot K_{\text{у}} + H_{\text{с.в}} \cdot K_{\text{т}}) \cdot N_{\text{р}} \cdot N_{\text{м}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячная заработная плата, руб.,  $Z_{\text{м}} = 20000$ ;

$K_{\text{т}}$  – надбавка 0,1% от заработной платы инженера в 35000руб/мес.,  $K_{\text{т}} = 1,175$ ;

$N_{\text{р}}$  – количество работников, чел.,  $N_{\text{р}} = 1$ ;

$N_{\text{м}}$  – количество месяцев в году,  $N_{\text{м}} = 12$ .

				220301.2016.022.00 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					49	

$$Z_{п.А} = (20000 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,175) \cdot 1 \cdot 12 = 421590 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата оператора-литейщика за год при ручном управлении, определяется по формуле

$$Z_{п.р} = (Z_{м} \cdot K_{у} + H_{с.в}) \cdot N_{р} \cdot N_{м},$$

где  $N_{р}$  – количество работников, чел.,  $N_{р}=2$ .

$$Z_{п.р} = (20000 \cdot 1,15 \cdot 1,3) \cdot 2 \cdot 12 = 717600 \text{ руб.}$$

### 6.3 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления определяются в размере 25% от стоимости капитальных затрат.

Амортизационные отчисления для автоматизированного управления  $A_{А}$ , руб., определяются по формуле

$$A_{А} = S_{\text{кап}} \cdot 0,25,$$

где  $S_{\text{кап}}$  – балансовая стоимость электрооборудования комплекса.

$$A_{А} = 92400 \cdot 0,25 = 23100 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления для ручного управления  $A_{р}$ , руб., определяются по формуле

$$A_{р} = S_{к} \cdot 0,25,$$

где  $S_{к}$  – стоимость разливочного ковша, руб.,  $S_{к}=35000$ .

$$A_{р} = 35000 \cdot 0,25 = 8750 \text{ руб.}$$

### 6.4 Затраты на ремонт и обслуживание оборудования

Согласно «Положению о планово-предупредительных ремонтах» необходимо производить текущий ремонт оборудования обеспечивающий восстановление работоспособности привода и поддержание его эксплуатационных показателей.

Затраты на текущий ремонт оборудования при автоматизированном управлении

$$S_{г.р.А} = S_{\text{кап}} \cdot K_{у},$$

где  $S_{\text{обор.мат}}$  – балансовая стоимость электрооборудования комплекса;  
 $K_3$  – коэффициент затрат на ремонт,  $K_3 = 2\%$

$$S_{\text{т.р.А}} = 92400 \cdot 0,02 = 1848 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования при ручном управлении:

$$S_{\text{т.р.Р}} = S_k \cdot K_3,$$

где  $S_k$  – балансовая стоимость ковша;  
 $K_3$  – коэффициент затрат на ремонт,  $K_3 = 0,3\%$ .

$$S_{\text{т.р.Р}} = 35000 \cdot 0,003 = 105 \text{ руб.}$$

Общие затраты на эксплуатацию комплекса отражены в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Общие затраты на эксплуатацию комплекса

Статьи затрат	Ручное управление	Автоматизированное управление	Ручн. управ.	Автом. управ.
	сумма, руб.		доля, %	
Общая заработная плата обслуживающего персонала	717600	421590	98,78	94,4
Амортизационные отчисления	8750	23100	1,2	5,1
Затраты на текущий ремонт оборудования	105	1848	0,014	0,5
Годовые расходы на содержание и эксплуатацию установки	726455	446538	100	
Итоговая разница $\Delta S$	279917			

Годовые расходы на содержание и эксплуатацию установки и автоматики, руб., определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.А}} = Z_{\text{н.А}} + A + S_{\text{т.р.А}};$$

$$Z_{\text{з.А}} = 421590 + 23100 + 1848 = 446538 \text{ руб.}$$

Годовые расходы на содержание и эксплуатацию установки в ручном режиме, руб., определяются по формуле:

$$Z_{\text{з.Р}} = Z_{\text{н.Р}} + A_{\text{Р}} + S_{\text{т.р.Р}};$$

$$Z_{\gamma,p} = 717600 + 8750 + 105 = 726455 \text{ руб.}$$

### 6.5 Годовой доход

При разливке стали в режиме ручного управления количество бракованной продукции составляет 15%, внедрение системы автоматического разлива позволит снизить его до 5%. Количество годной продукции увеличено на 10%.

Расчетный годовой выпуск изделия:

$$N_{\Gamma,p} = N_{\Gamma} \cdot 1,1;$$

$$N_{\Gamma,p} = 2500 \cdot 1,1 = 2750 \text{ шт.}$$

С уменьшением брака увеличился объем готовой продукции на 250 изделий. Выручка от реализации за год:

– выручка с браком в 15%

$$D_{\Gamma} = N_{\Gamma} \cdot C_{\text{изд}},$$

где  $C_{\text{изд}}$  – цена изделия,  $C_{\text{изд}} = 20000$ руб.

$$D_{\Gamma} = 2500 \cdot 20000 = 50000000 \text{ руб.}$$

– выручка с браком в 5%

$$D_{\Gamma,p} = N_{\Gamma,p} \cdot C_{\text{изд}},$$

$$D_{\Gamma,p} = 2750 \cdot 20000 = 55000000 \text{ руб.}$$

Прибыль от реализации ручного управления, вычисляется по формуле:

$$L_{\text{ОР,Р}} = D_{\Gamma} - Z_{\gamma,p},$$

$$L_{\text{ОР,Р}} = 50000000 - 726455 = 49273545 \text{ руб.}$$

Прибыль от реализации автоматизированного управления, вычисляется по формуле:

$$L_{\text{ОР,А}} = D_{\Gamma,p} - Z_{\gamma,А},$$

$$L_{\text{ОР,А}} = 55000000 - 446538 = 54553462 \text{ руб.}$$

Ежегодный чистый доход при автоматизированном управлении

$$Y_{\text{ч.д.А}} = L_{\text{ОР,А}} - H_{\text{пр}},$$

где  $H_{пр}$  – налог на прибыль, 20%

$$Y_{ч.д.А} = 54553462 \cdot 0,8 = 43642770 \text{ руб.}$$

Ежегодный чистый доход при ручном управлении:

$$Y_{ч.д.Р} = L_{ОР,Р} - H_{пр};$$

$$Y_{ч.д.Р} = 49273545 \cdot 0,8 = 39418836 \text{ руб.}$$

Результаты расчета ежегодного чистого дохода при автоматизированном и ручном управлении приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчет ежегодного чистого дохода при автоматизированном и ручном управлении

Наименование	Ручное управление	Автоматическое управление	Эффективный показатель
Продукция готовая на продажу, шт.	2500	2750	250
Выручка от продажи, руб.	50000000	55000000	5000000
Прибыль от продажи, руб.	49273545	54553462	5279917
Чистый доход, руб.	39418836	43642770	4223934

#### 6.6 Расчет экономического эффекта

Экономический эффект от внедрения системы автоматического управления определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (\Delta S + \Delta ЧД) - \Delta K \cdot e_n,$$

где  $e_n = 0,15$ .

$$\mathcal{E}_r = (279917 + 4223934) - 444660 \cdot 0,15 = 4437000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости автоматической системы управления комплекса,  $T$ , лет, определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_r} = \frac{444660}{4437000} = 0,1..$$

Затраты на создание АСУ ТП окупаются за 2 месяца эксплуатации установки. Все данные сведены в таблицу 6.5. Таким образом, проведение автоматизации разливочного ковша является экономически выгодным [23].

Таблица 6.4 – Техничко-экономические показатели установки при ручном и автоматизированном управлении

Наименование	Ручное управление	Автоматическое управление
Продукция готовая на продажу, шт.	2500	2750
Выручка от продажи, руб.	50000000	55000000
Прибыль от продажи, руб.	49273545	54553462
Эксплуатационные затраты, руб.	844693	511845
Чистый доход, руб.	39418836	43642770
Экономический эффект, руб.	4437000	
Срок окупаемости, месяц	2	

Выводы по разделу шесть: выполнены расчеты капитальных и эксплуатационных затрат на внедрение системы автоматики. Проведено сравнение затрат в проектном и базовом вариантах. Определены технико-экономические показатели проекта в целом.

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 7.1 Краткое описание производственного участка

Литейное производство — отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали). При охлаждении залитый металл затвердевает и в твердом состоянии сохраняет конфигурацию той полости, в которую он был залит. Конечную продукцию называют отливкой. В процессе кристаллизации расплавленного металла и последующего охлаждения формируются механические и эксплуатационные свойства отливок.

В данном дипломном проекте рассматривается разработка САУ электропривода разливочного ковша. Основная задача: ручное управление разливом металла из разливочного ковша заменить автоматизированной системой при минимальном участии рабочих.

Здание каркасного типа. Несущий каркас состоит из колонн, стоящих на фундаменте и связанных балками и фермами. Каркас здания и колонны — железобетонные.

### 7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Физико-географические, климатические условия общие для горнозаводской зоны. В цехе имеются электрические сети напряжением: 380, 220 В. Возможные объекты, которые могут стать причиной травмирования работника. Объектами оценки фактора травмобезопасности на рабочих местах являются:

- движущиеся предметы, механизмы или машины, а также неподвижные их элементы на рабочем месте (при механическом воздействии);
- электрический ток. Источником поражения могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденные электродвигатели, открытые коммутаторы, не заземленное оборудование;
- нагретые элементы оборудования, перерабатываемое сырье, другие теплоносители (при термическом воздействии). Корпуса литейного оборудования, расплавленная сталь;
- повреждения, полученные при падениях. Падения подразделяются на два вида: падения на человека различных предметов и падения человека в результате подскользывания, запинания, падения с высоты или внезапного ухудшения здоровья.

Действуют следующие опасные и вредные производственные факторы:

1) физические факторы:

- метеорологические факторы (повышенная температура в цехе, запыленность рабочей зоны, повышенная температура поверхностей литейного оборудования, материалов);
- светотехнические факторы (недостаток естественного света в цехе);

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55



– бароакустические факторы (повышенный уровень шума на рабочем месте в результате срабатывания звуковых сигналов системы автоматки, повышенный уровень вибрации при трамбовке песка в опоке);

– радиационные факторы (тепловые излучения);

– электромагнитные факторы (опасность поражения электрическим током, в цехе имеются электрические сети напряжением: 380, 220 В);

– механические факторы (перемещение разливочного ковша, передвижение опок, подвижные части ковша).

2) химические факторы (токсические и раздражающие газы выделяются при разливке металла).

3) биологические факторы (микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы, простейшие и другие виды) и продукты из жизнедеятельности).

4) психофизиологические факторы (нервно-психические перегрузки, физические перегрузки).

К психофизиологическим вредным факторам, воздействующим на оператора в течение его рабочей смены можно отнести следующие:

1) физические перегрузки (статические нагрузки, динамические нагрузки, гиподинамия);

2) нервно-эмоциональные нагрузки (умственное перенапряжение, переутомление, перенапряжение анализаторов (зрительные, слуховые), монотонность труда).

К метеорологическим вредным и опасным факторам относится наличие пониженной или повышенной температуры, что может привести к переохлаждению или перегреву организма, а также пыли и загазованности рабочего места, оказывающей вредное действие главным образом на дыхательные пути и легкие.

К светотехническим вредным и опасным факторам относятся недостаточная освещенность рабочего участка, влекущая за собой утомление глаз при работе.

Также к опасным факторам относится наличие повышенного напряжения в электрической цепи – 380В, замыкание которой может произойти через тело человека. При соприкосновении человека с токоведущими частями возникает поражение человека или его частей тела электрическим током. Поражение электрическим током может привести к возникновению ожогов, потере сознания и даже смертельного исхода.

К электромагнитным вредным и опасным факторам относятся повышенный уровень инфракрасной и ультрафиолетовой радиации, повышенная напряженность электромагнитного поля.

Участок расположения плавильных печей является источником инфракрасного излучения, так как связан с разливом металла, температура значительно превышающих температуру окружающей среды. Источником излучения являются и части технологических агрегатов, непосредственно контактирующих с нагретой заготовкой. Инфракрасные лучи оказывают на организм человека тепловое воздействие. Тепловое излучение коротковолнового диапазона от 0,76 до 1,5 мкм проникает в ткани и разогревает их, вызывая быструю утомляемость, понижение внимания и возможно, тепловой удар. Длинноволновые лучи более 1,5 мкм в тка-

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

ни не понижают и поглощаются в основном кожей, могут вызвать ожог кожи и глаз. Время пребывания в зоне теплового излучения лимитируется в первую очередь температурой кожи, болевое ощущение появляется при температуре от 40 до 45°C.

Плавильные печи являются также источниками ультрафиолетового излучения (УФИ). Невидимые ультрафиолетовые лучи появляются в источниках излучения с температурой выше 1500°C и достигают значительной интенсивности при температуре более 2000°C. Искусственными источниками УФИ являются электрические дуги (дуговые электропечи). Для организма человека вредное влияние оказывает как недостаток ультрафиолетового излучения, так и его избыток. Воздействие на кожу больших доз УФ-излучения (УФИ) приводит к кожным заболеваниям (дерматитам). Повышенные дозы УФ-излучения воздействуют и на центральную нервную систему, отклонения от нормы проявляются в виде тошноты, головной боли, повышенной утомляемости, повышения температуры тела и других признаков.

Бароакустическим вредным фактором является шум превышающий допустимые нормы. Источниками шума в цехе являются работающие электрические машины и аппараты, а также технологическое оборудование. Шум, создаваемый вышеуказанными агрегатами является широкополосным, длительным. Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на центральную нервную и сердечно-сосудистую систему. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях работающего.

Механическими вредными и опасными фактором является наличие открытых передвижных частей комплекса и вибрации при работе комплекса. Неправильное обслуживание установки может привести к повреждению частей тела разной тяжести. Действие вибрации на человека ведет к развитию профессиональной вибрационной болезни.

Автоматизация процессов является одним из наиболее эффективных путей повышения производительности труда, а также улучшения условий труда рабочих. Основными причинами воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов при использовании автоматизированного оборудования являются: нарушение условий эксплуатации оборудования; нарушение требований безопасности труда при организации автоматизированного участка, связанные с неправильной планировкой оборудования, пультов управления, транспортно-накопительных устройств; отказ или поломка технологического оборудования; ошибочные действия оператора при наладке, регулировке, ремонте оборудования или во время работы его в автоматическом цикле; появление человека в рабочем пространстве оборудования; нарушение требований инструкций по технике безопасности; отказы в функционировании средств аварийной и диагностической сигнализации и отображения информации; ошибки в работе устройств программного управления и ошибки в программировании. Для наглядного примера на рисунке 7.1 представлено дерево опасности.

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	

220301.2016.022.00 ПЗ

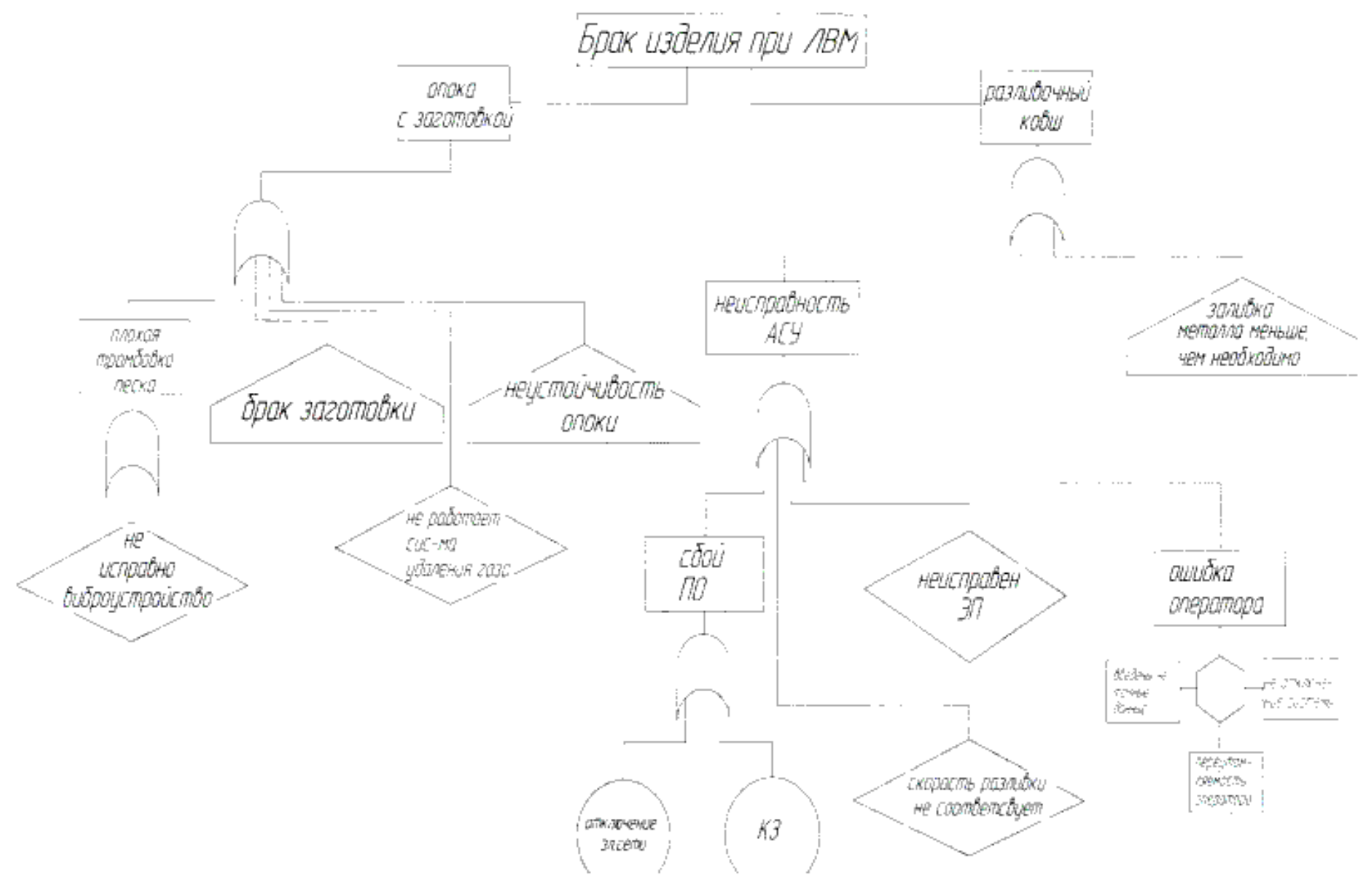


Рисунок 7.1– Дерево опасности

### 7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

#### 7.3.1 Определение категории работ по уровню энергозатрат:

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок металлургических предприятий).

7.3.2 На основании выбранной категории работ по уровню энергозатрат определяем нормативные значения параметров микроклимата для теплого и холодного периодов года.

В помещениях объем подаваемого воздуха должен составлять не менее 60 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 7.1 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 7.1 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0
Теплый	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0

Таблица 7.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	III (более 290)	15-75	0,2	0,4
Теплый	III (более 290)	15-75	0,2	0,5

### 7.3.3 Способы нормализации параметров микроклимата и выводы о необходимости дополнительных мероприятий

Показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха; относительная влажность воздуха; скорость движения воздуха; интенсивность теплового излучения.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, указанным в таблице 7.3.

В кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и других производственных помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха от 22 до 24°C, его относительной влажности от 60 до 40 % и скорости движения (не более 0,1 м/с).

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8 часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 7.3, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, указанных в таблице 7.3 для отдельных категорий работ.

Создание оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях является сложной задачей, решить которую можно за счет применения следующих мероприятий и средств: усовершенствование технологических процессов и оборудования. Внедрение новых технологий и оборудования, не связанных с необходимостью проведения работ в условиях интенсивного нагрева даст возможность уменьшить выделение тепла в производственные помещения.

Рациональное размещение технологического оборудования. Основные источники тепла желательно размещать непосредственно под аэрационным фонарем, около внешних стен здания и в один ряд на таком расстоянии друг от друга, чтобы тепловые потоки от них не перекрещивались на рабочих местах. Автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами позволяют во многих случаях вывести человека из производственных зон, где действуют неблагоприятные факторы.

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Таблица 7.3 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных *
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
Холодный	Тяжелая III	16	19	20	13	15	60	75	0,2	Не более 0,4
Теплый	Тяжелая III	18	21	26	15	17	60	75	0,2	0,5

\* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая - минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения допускается определять интерполяцией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,1 м/с - при легкой работе и ниже 0,2 м/с - при работе средней тяжести и тяжелой.

Создание оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях является сложной задачей, решить которую можно за счет применения следующих мероприятий и средств: усовершенствование технологических процессов и оборудования. Внедрение новых технологий и оборудования, не связанных с необходимостью проведения работ в условиях интенсивного нагрева даст возможность уменьшить выделение тепла в производственные помещения.

Рациональная вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха. Они являются наиболее распространенными способами нормализации микроклимата в производственных помещениях. Создание воздушных и водовоздушных душей широко используется в борьбе с перегревом рабочих в горячих цехах.

Рационализация режимов труда и отдыха достигается сокращением длительности рабочего времени за счет дополнительных перерывов, созданием условий для эффективного отдыха в помещениях с нормальными метеорологическими условиями. Применение, теплоизоляции оборудования и защитных экранов. В качестве теплоизоляционных материалов широко используют: асбест, асбоцемент, минеральную вату, стеклоткань, керамзит, пенопласт. Использование средств индивидуальной защиты. Важное значение для профилактики перегрева организма имеют индивидуальные средства защиты.

7.3.4 Вещества, выделяющиеся в воздух рабочей зоны с учетом используемых материалов при выполнении различных производственных операций. Основные характеристики этих веществ (класс опасности, предельно-допустимые концентрации, возможные агрегатные состояния, особенности действия на организм человека);

Технологические процессы изготовления отливок характеризуются большим числом операций, при выполнении которых выделяются пыль, аэрозоли и газы. Пыль, основной составляющей которой в литейных цехах является кремнезём, образуется при приготовлении и регенерации формовочных и стержневых смесей, плавке литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, выпуске жидкого металла из ковша, внепечной обработке его и заливке в формы, на участке выбивки отливок, в процессе обрубки и очистки литья, при подготовке и транспортировке исходных сыпучих материалов.

В воздушной среде литейных цехов, кроме пыли, в больших количествах находятся оксиды углерода, углекислый и сернистый газы, азот и его окислы, водород, аэрозоли, насыщенные оксидами железа и марганца, пары углеводородов. Источниками загрязнений являются плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушила для форм, стержней и ковшей. Одним из критериев опасности является оценка уровня запахов. На атмосферный воздух приходится более 70% всех вредных воздействий литейного производства.

При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг пыли, 250 кг оксидов углерода, от 1,5 до 2 кг оксидов серы и азота и до 1,5 кг других вредных веществ (фенола, формальдегида, ароматических углеводородов, аммиака, цианидов). Интенсивные и опасные выделения образуются в процессе плавки металла. Выброс загрязняющих веществ, химический состав пыли и отходящих газов при этом различен и зависит от состава металлозавалки и степени ее

загрязнения, а также от состояния футеровки печи, технологии плавки, выбора энергоносителей. Особо вредные выбросы при плавке сплавов цветных металлов (пары цинка, кадмия, свинца, бериллия, хлор и хлориды, водорастворимые фториды).

Применение органических связующих при изготовлении стержней и форм приводит к значительному выделению токсичных газов в процессе сушки и особенно при заливке металла. В зависимости от класса связующего в атмосферу цеха могут выделяться такие вредные вещества как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т.д.

Рассмотрим токсичное воздействие на человека основных вредных выделений литейного производства:

- оксид углерода (класс опасности – IV) – вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, что препятствует переносу кислорода из лёгких к тканям; вызывает удушье, оказывает токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание, и уменьшает потребление тканями кислорода;

- оксиды азота (класс опасности – II) – оказывают раздражающее действие на дыхательные пути и кровяные сосуды;

- формальдегид (класс опасности – II) – общедовитое вещество, вызывающее раздражение кожи и слизистой оболочки;

- бензол (класс опасности – II) – оказывает наркотическое, отчасти судорожное действие на центральную нервную систему, хроническое отравление может привести к смерти;

- фенол (класс опасности – II) – сильный яд, оказывает общетоксическое действие, может всасываться в организм человека через кожные покровы;

- бензопирен (класс опасности – IV) – канцерогенное вещество, вызывающее генные мутации и раковые заболевания.

Очевидно, в условиях литейного производства проявляется неблагоприятный кумулятивный эффект комплексного фактора, при котором вредное воздействие резко увеличивается.

7.3.5 Источниками шума в ЗАО «УЗЦМ», в соответствии с рассматриваемым видом трудовой деятельности приводим предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах, определяем нормативные значения шума, инфра- и ультразвука по виду выполняемой работы с учетом специфики работающего оборудования в технологическом процессе.

К оборудованию литейных цехов, создающему интенсивный производственный шум, относятся: пневматические формовочные и стержневые машины; рубильные молотки; выбивные решетки; галтовочные барабаны; колебания; возникающие при соударении; трении; скольжении твердых тел; истечении жидкостей и газов; работающие станки; ручные механизированные инструменты; электрические машины (генераторы, электродвигатели, турбины); компрессоры; подъемно-транспортное; вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Таблица 7.4 – Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Ультразвук – это область акустических колебаний в диапазоне от 18 кГц до 100 МГц и выше. Источником ультразвука является оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологических процессов, технического контроля и измерений промышленного, медицинского, бытового назначения, а также оборудования, при эксплуатации которого ультразвук возникает как сопутствующий фактор.

Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в децибелах в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.

Предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать значений, указанных в табл. 7.5

Таблица 7.5 – Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука на рабочих местах

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5-100,0	110

Предельно допустимые величины нормируемых параметров контактного ультразвука для работающих приведены в табл. 7.6

Таблица 7.6 – Предельно допустимые уровни контактного ультразвука для работающих

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16,0-63,0	$5 \cdot 10^{-3}$	100
125,0-500,0	$8,9 \cdot 10^{-3}$	105
$1 \cdot 10^3$ - $31,5 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	110

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука следует принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в таблице 7.7, в тех случаях, когда работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвука.

При использовании ультразвуковых источников бытового назначения, как правило, генерирующих колебания с частотами ниже 100 кГц, допустимые уровни воздушного и контактного ультразвука не должны превышать 75 дБ на рабочей частоте источника. [14]

Инfrasound – звуковые колебания и волны с частотами, лежащими ниже полосы слышимых (акустических) частот 20 Гц. Источники инфразвука - механизмы, транспорт и медленно работающие машины. В условиях производства инфразвук, как правило, сочетается с низкокачественным шумом, в ряде случаев с низкочастотной вибрацией. Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звукового давления, измеренные по шкале шумомера "Лин", не должны превышать 120 дБ.

7.3.6 Тип вибрации, нормативные значения виброскорости и виброускорения, категория и нормативные значения общей вибрации.

Вибрация – это механические колебания твердых тел (конструкций, машин, сооружений), воспринимаемые человеком как сотрясения. Частотный диапазон вибрации от 1 до 2000 Гц. Для исследования вибрации весь диапазон частот вибрации (так же, как для шума) разбивается на октавы.

По характеру воздействия на человека, т. е. способу передачи колебаний, вибрация подразделяется на общую и местную (локальную). Общая вибрация передается через опорные поверхности сидящего или стоящего человека. Общая вибрация возникает при работе стационарных машин и передвижных механизмов. Общей вибрации подвергаются, например, операторы подъемно-транспортных машин. Вибрацию вызывает вибрационная установка опок, передвижение кранбалки, сотрясение пола и других конструкций здания вследствие работы технологического оборудования. Общая вибрация категории 3«а» – технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят: станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечнопрессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные агрегаты и вентиляторы,

оборудование для бурения скважин, буровые станки, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна (в том числе сушилки), оборудование промышленности стройматериалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности. Виброускорение характеризует то силовое динамическое взаимодействие элементов внутри агрегата, которое вызвало данную вибрацию.

						220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			65

Таблица 7.7 – Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора. Общая вибрация, категория 3, тип «а»

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Нормативные значения в направлениях $X_0, Y_0$							
	виброускорения				виброскорости			
	$m \times c^{-2}$		дБ		$m \times c^{-2} \times 10^{-2}$		дБ	
	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава	1/3 октава	1/1 октава
1,6	0,09		99		0,9		105	
2,0	0,08		98		0,64		102	
2,5	0,071	0,14	97	103	0,46	1,3	99	108
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056		95		0,23		93	
5,0	0,056	0,1	95	100	0,18	0,45	91	99
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12		87	
10,0	0,071		97		0,12	0,22	87	93
12,5	0,09		99		0,12		87	
16,0	0,112		101		0,12		87	
20,0	0,140	0,20	103	106	0,12	0,20	87	92
25,0	0,18		105		0,12		87	
31,5	0,22		107		0,12		87	
40,0	0,285	0,40	109	112	0,12	0,20	87	92
50,0	0,355		111		0,12		87	
63,0	0,445		113		0,12		87	
80,0	0,56	0,80	115	118	0,12	0,20	87	92

7.3.7 Возможные источники поражения электрическим током. Человек может получить электротравму в следующих случаях:

- при двухфазном прикосновении, т. е. при одновременном прикосновении к двум фазам сети переменного тока;
- при двухполюсном прикосновении, т.е. при одновременном прикосновении к двум полюсам сети постоянного тока;
- при приближении на опасные расстояния к незаземленным токопроводящим частям, находящимся под напряжением;
- в результате прикосновения к оболочке (корпусу) электрооборудования, оказавшейся под напряжением;
- в результате попадания под напряжение шага в зоне растекания тока;
- при попадании под напряжение при освобождении человека от воздействия тока;
- при воздействии атмосферного электричества, грозových разрядов и статического электричества или электрической дуги.

7.3.8 Определение категории зрительных работ в рабочих зонах работника. Установленные нормативные значения по параметрам естественного и искусственного освещения [15]. Разряд зрительной работы для всего литейного цеха – VI. Нормативные значения указаны в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Нормативные значения параметров световой среды литейного цеха

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		Естественное освещение	Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк, при системе общего освещения	Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации			
								Р, отн.ед.	К <sub>п</sub> %	КЕО, ен% при боковом освещении
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном			200	40	20	1	0,6

7.3.9 Категория помещения по степени опасности поражения электрическим током (с указанием присутствующих признаков повышенной или особой опасности) [16]

Помещение с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость или токопроводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.); высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

7.3.10 Предельно-допустимые значения напряжений прикосновений и токов

– предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам [17];

– напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать нормативных значений;

– предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1000В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000В с изолированной нейтралью не должны превышать нормативных значений;

– предельно допустимые значения напряжений прикосновения при аварийном режиме производственных электроустановок с частотой тока 50Гц, напряжением выше 1000В, с глухим заземлением нейтрали не должны превышать нормативных значений;

– предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000В и частотой 50 Гц не должны превышать нормативных значений.

7.3.11 Физическая тяжесть работ; выявленные факторы условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса [18]

Работа оператора установки относится к категории тяжести IIа, то есть работы с затратами энергии от 175 до 232Вт, то есть работы, выполняемые стоя или сидя, но не связанные с перемещением тяжестей. При данной категории работ, для комфортных условий, температура воздуха должна составлять от 20 до 22 °С при влажности порядка от 40 до 60 %, скорость перемещения воздуха – не более 0,2м/с.

7.3.12 Размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ [19]

Организация рабочего места и конструкция оборудования обеспечивают прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или наклон его вперед не более чем на 15° [20]. Рабочее место при выполнении работ в положении стоя соответствует требованиям [20]

## 7.4 Охрана труда

### 7.4.1 Организационные и правовые вопросы охраны труда

К работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по специальной программе, ознакомившиеся с принципом работы и конструкцией изделия, прошедшие инструктаж. Оператору САУ необходимо знать:

1) устройство, принцип действия эксплуатируемого оборудования, измерительных приборов и аппаратуры, порядок и сроки их проверок, эксплуатационные требования к ним;

2) места установки и схему контрольно-измерительных приборов;

3) инструкцию по обслуживанию оборудования, аппаратуры;

4) мероприятия по предупреждению аварий и устранению возникших неполадок.

5) К самостоятельной работе допуск разрешен только после стажировки на рабочем месте не менее пяти смен.

6) Рабочий при приеме на работу должен пройти вводный инструктаж. До допуска к самостоятельной работе рабочий должен пройти:

7) первичный инструктаж на рабочем месте;

8) проверку знаний по Инструкции охраны труда;

9) проверку знаний по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями при обслуживании энергетического оборудования;

10) проверку знаний по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ;

11) обучение по программе подготовки персонала;

12) ПТБ для рабочих, имеющих право подготавливать рабочее место, осуществлять допуск, быть производителем работ, наблюдающим и членом бригады в объеме, соответствующем обязанностям ответственных лиц ПТБ.

Допуск к самостоятельной работе оформляется соответствующим распоряжением по структурному подразделению предприятия.

Лица, обслуживающие установку, должны быть обеспечены спецодеждой:

а) костюм хлопчатобумажный из пыленепроницаемой ткани;

б) ботинки кожаные;

в) рукавицы брезентовые;

г) щитки для защиты глаз.

В нерабочее время установка должна находиться в положении, исключающем возможность ее пуска посторонними лицами, для чего необходимо выключить автомат защиты, разъединить кабель, соединяющий установку с сетью. В случае внезапной остановки установки во время работы, необходимо выключить автомат защиты, разъединить кабель, соединяющий установку с ящиком управления, затем производить работы, связанные с ремонтом установки.

Профилактический медицинский осмотр для работающих должен проводиться не реже 1 раза в год.

Для предупреждения утомляемости и повышения работоспособности в первую очередь необходимо установить рациональный режим труда и отдыха в течение рабочей смены.

В цехе предусмотрен двенадцати часовой рабочий день с перерывом на обед. Режим труда должен предусматривать не менее чем пятиминутные паузы каждые два часа работы. Во время пауз целесообразно проводить физические упражнения. Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять следующие меры безопасности.

#### 7.4.2 Комплекс мероприятий по предупреждению опасности поражения электрическим током

Важной задачей эксплуатации электрооборудования является обеспечение безопасности при его обслуживании. Условия производства работ на действующих электроустановках и необходимые организационные и эксплуатационные технические мероприятия для обеспечения безопасности строго регламентированы «Правилами эксплуатации электроустановок».

Действующими электроустановками считаются такие, которые полностью или частично находятся под напряжением или на которые в любой момент может быть подано напряжение.

Чтобы обеспечить безопасность работ, правилами предусмотрены специальные технические и организационные мероприятия.

К техническим мероприятиям относятся:

- отключение напряжения;
- установка ограждений и вывешивание плакатов;
- проверка отсутствия напряжения;
- установка защитного заземления.

Отключение напряжения включает в себя следующее: все токоведущие части электроустановки, на которых будут производиться работы, должны быть отключены. Необходимо также отключить все токоведущие части, к которым возможно случайное прикосновение или приближение работников на расстояние менее 0,6 м.

Отключать напряжение следует так, чтобы отключаемое оборудование отделялось со всех сторон от токоведущих частей, находящихся под напряжением. При этом с каждой стороны должен быть видимый разрыв. Работать на оборудовании, отключенном от токоведущих частей только выключателем, запрещается.

Отключив напряжение, необходимо принять меры, препятствующие самопроизвольной подаче напряжения. Для этого из рубильников убираются плавкие вставки, вывешиваются предупредительные плакаты.

Установка ограждений и вывешивание плакатов заключается в следующем: на всех приводах выключателей и разъединителей и на ключах управления, с помощью которых напряжение может быть подано к месту работ; вывешивают плакаты «Не включать - работают люди!», «Стоять – высокое напряжение!». Такие же щиты следует установить и во всех остальных местах, куда ремонтному персоналу вход воспрещен.

У места, предназначенного для выполнения работ, после окончания его подготовки помещают плакаты «Работать здесь».

Проверка отсутствия напряжения заключается в проверке дежурным персоналом с помощью указателя напряжения отсутствия напряжения на отключенном оборудовании.

Установка защитного заземления на токоведущие части производится непосредственно после проверки отсутствия напряжения. Переносное заземление необходимо сначала присоединить к заземляющему устройству, а затем (после проверки отсутствия напряжения) установить на токоведущие части. Снимать пе-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

реносное заземление необходимо в обратном порядке. Установка и снятие переносного заземления должны выполняться в диэлектрических перчатках с применением исправного электроинструмента.

Для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, выполняется заземление.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения в течение всего периода эксплуатации. Заземление корпуса панели и пульта управления обеспечено подведением заземляющей жилы. Сопротивление заземления 4 Ом, согласно для электроустановок с напряжением до 1000 В.

При питании от трехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью, заземляющая сетка прокладывается под всей площадью машины, соединяясь с нулевым проводом в распределительном силовом устройстве. Особенностью лаборатории являются разрядные токи статического электричества, возникающие при прикосновении обслуживающего персонала к некоторым из элементов пульта управления. Такие разряды не представляют непосредственной опасности для человека, однако приводят к неприятным ощущениям в виде удара или толчка. Для снижения возникающих зарядов статического электричества у пульта управления покрытие технологических полов выполняется из антистатического покрытия (диэлектрические коврики). Обслуживающему персоналу не рекомендуется носить одежду из синтетических материалов. К общим мерам защиты от статического электричества можно отнести общее и местное увлажнение воздуха (до 50%) и ионизацию воздуха.

#### 7.4.3 Защита от механического травмирования

Под механическими опасностями понимаются нежелательные воздействия на человека, происхождение которых обусловлено силами гравитации или кинетической энергией тел. Механические опасности создаются падающими, движущимися, вращающимися объектами природного и искусственного происхождения. Например, механическими опасностями естественного свойства являются обвалы, снежные лавины, сели и другие.

Носителями механических опасностей искусственного происхождения являются машины и механизмы, различное оборудование, транспорт, здания и сооружения, и многие другие объекты, воздействующие в силу разных обстоятельств на человека своей массой, кинетической энергией или другими свойствами. В результате действия механических опасностей возможны телесные повреждения различной тяжести.

Объекты, представляющие механическую опасность, можно разделить по наличию энергии на два класса: энергетические и потенциальные. Энергетические объекты воздействуют на человека, так как имеют тот или иной энергетический потенциал. Потенциальные механические опасности лишены энергии. Травмиро-

						220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			71



вание в этом случае происходит за счет энергии самого человека. К потенциальным опасностям относятся и такие опасности, как не ровные и скользкие поверхности, по которым передвигается человек, высота возможного падения, открытые люки и другие.

Защита от механических опасностей осуществляется следующим образом: ставятся защитные кожухи на вращающиеся части, на скользких местах ставятся резиновые коврики, каждый месяц персоналу выдаются перчатки. Характер защиты зависит от конкретных условий деятельности. Хорошо разработаны способы оказания доврачебной помощи и лечения последствий механических опасностей.

Для защиты от механических воздействий персонал обязан использовать спецодежду. Перед началом работы необходимо провести наружный осмотр установок, входящих в состав комплекса.

Для предотвращения попадания людей в опасные зоны и под движущееся оборудование в цехе предусмотрены безопасные маршруты передвижения рабочих по цеху.

#### 7.4.4 Молниезащита

Заземляющие устройства защитного заземления электроустановок зданий и сооружений и молниезащиты 2-й и 3-й категорий этих зданий и сооружений, как правило, должны быть общими [21].

Молниезащита — комплекс защитных мероприятий от молнии, обеспечивающих безопасность людей сохранность зданий и сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний, разрушений.

По степени опасности поражения молнией и значимости объекта здание цеха относится к III категории (производственные здания и сооружения с помещениями класса II-IIa). Защита выполняется отдельно стоящими стержневыми или тросовыми молниеотводами.

### 7.5 Производственная санитария

#### 7.5.1 Определение категории тяжести труда при работе на рассматриваемом объекте

Работа оператора установки относится к категории тяжести IIa, работы с затратами энергии от 175 до 232 Вт, то есть работы, выполняемые стоя или сидя, но не связанные с перемещением тяжестей. При данной категории работ, для комфортных условий, температура воздуха должна составлять от 20 до 22 °С при влажности порядка от 40 до 60 %, скорость перемещения воздуха – не более 0,2 м/с.

#### 7.5.2 Достижение оптимальных параметров микроклимата для помещений рассматриваемого объекта

В соответствии N 52-ФЗ “О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения” в литейном цехе осуществляется производственный контроль за соблюдением требований Санитарных правил. Проводятся профилактические мероприятия, направленные на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях. Осуществляется контроль за условиями

труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата. При проведении работ необходимо обеспечить соблюдение санитарных норм допустимых уровней освещенности, шума, и напряженности электромагнитного поля в соответствии с санитарными нормами, утвержденными Минздравом России. Действующие санитарные нормы на стане приведены в таблице 7.9

Таблица 7.9 – Санитарные нормы напряженности электромагнитного поля, шума и освещенности

Освещенность $E_n$ , лк.		Уровень шума, дБА	Напряженность электромагнитного поля $E$ , кВ/м
производственных помещений	рабочих мест		
30-100	200	75	5

Санитарно-гигиенические требования к вентиляции помещения по [22]. В холодный и переходный периоды года воздух, подаваемый в здание системой механической вентиляции должен подогреваться, а удаляемый местными отсосами воздух должен обязательно очищаться перед выбросом в атмосферу.

Предприятие относится к 1-му классу санитарной классификации по [23].

Поэтому территория предприятия должна быть удалена от жилого массива санитарно-защитной зоной равной 200 м с озеленением не менее 15%.

### 7.5.3 Расчет освещения

Расчет искусственного освещения.

Расчет освещение участка литья по выплавляемым моделям.

ЗАО «УЗЦМ». Размеры: длина  $A = 35$  м; ширина  $B = 12$  м; высота  $H = 5$  м. Система освещения общая равномерная, светильники типа ЛВ001 с газоразрядными ртутными лампами высокого давления которые имеют следующие характеристики: мощность  $W = 400$ Вт, напряжение питания  $U = 220$ В, напряжение на лампе  $U = 135$ В.

Оценка существующей системы искусственного освещения производится путем сравнения фактической освещенности ( $E_\phi$ ) помещения с нормативной освещенностью ( $E_n$ ), необходимой для выполнения зрительной работы в данном помещении.

Расчет  $E_\phi$  производится по формуле:

$$E_\phi = \frac{\Phi \cdot N \cdot n \cdot \eta}{100 \cdot S \cdot z \cdot k_3},$$

где  $\Phi$  – световой поток одной лампы, равный 24000 лм;

$N$  – количество светильников в помещении, равно 21 шт.;

$n$  – количество ламп в одном светильнике, равно 1;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока лампы, зависящий от типа лампы, типа светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения,  $\eta = 48\%$ ;

$S$  – площадь помещения, равная  $420 \text{ м}^2$ ;

$z$  – коэффициент минимальной освещенности, равный  $1,1$ ;

$k_3$  – коэффициент запаса, равный  $1,8$  (по таблице П.4.6).

Определяем индекс помещения  $i$ :

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)},$$
$$i = \frac{35 \cdot 12}{5 \cdot (35 + 12)} = 1,78,$$

принимая  $i = 2,0$

$$E_\phi = \frac{24000 \cdot 21 \cdot 1 \cdot 48}{100 \cdot 420 \cdot 1,1 \cdot 1,8} = 290,9 \text{ лм.}$$

Освещенность рабочего места составляет  $291 \text{ лм}$  при норме освещения  $200 \text{ лм}$ , следовательно, необходимо уменьшить количество ламп до  $15$  штук тогда  $E_\phi$  будет равно  $207,8 \text{ лм}$ , что соответствует норме освещения.

Расчет естественного освещения осуществляется для установления соответствия условий освещенности на рабочем месте требованиям. Для этого определяем минимальную величину коэффициента естественного освещения  $e_{\min}$  по формуле:

$$e_{\min} = \frac{100 \cdot S_0 \cdot \tau \cdot r}{S_n \cdot \eta \cdot k_{\text{эл}} \cdot k_3},$$

где  $S_0, S_n$  – площадь окна и пола помещения, равная  $3,75$  и  $420 \text{ м}^2$  соответственно;

$\tau$  – общий коэффициент светопропускания, который определяется по формуле

$$\tau = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4,$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала, равный  $0,8$ ;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, равный  $0,6$ ;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, равный  $1$ ;

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, равный  $0,65$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$\tau = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,65 = 0,312;$$

$r$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО от отраженного света, равный 3;

$\eta$  – световая характеристика окна, равная 10 (таблица П.4.7);

$k_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящим зданием, равный 1,4;

$k_3$  – коэффициент запаса, равный 1,5.

$$e_{\min} = \frac{100 \cdot 3,75 \cdot 0,312 \cdot 3}{420 \cdot 10 \cdot 1,4 \cdot 1,5} = 0,04.$$

Полученное значение  $e_{\min}$  меньше нормативного равного 1, следовательно, можно сделать вывод о недостаточности естественного освещения на данном рабочем месте.

#### 7.5.4 Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха.

Помещения литейного цеха, имеет как искусственную, так и естественную вентиляцию. Отопление помещений осуществляется посредством батарей отопления и тепловых регистров. Температура в помещении поддерживается в пределах 20° С при постоянном присутствии обслуживающего персонала. Это соответствует санитарным нормам проектирования промышленных предприятий.

Температура наружного воздуха при расчёте систем вентиляции воздуха и воздушного отопления принимаются в соответствии с требованиями [24].

#### 7.5.5 Разработка мероприятий по снижению энергетических воздействий

Непосредственное (биологическое) влияние электромагнитного поля на человека связано с воздействием на сердечно – сосудистую, центральную и периферийную нервные системы, мышечную ткань и другие органы. Вредные последствия пребывания человека в электрическом поле зависят от напряженности поля  $E$ , кВ/м, и от продолжительности его воздействия.

Согласно [25] предельно допустимый уровень напряженности электромагнитного поля на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5кВ/м.

При напряжённостях в интервале от 5 до 20кВ/м включительно допустимое время пребывания в электромагнитном поле определяется по формуле:

Время пребывания в электромагнитном поле  $T$ , час

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

где  $E$  – напряженность электромагнитного поля, кВ/м, принимаем  $E = 6$

$$T = \frac{50}{0,38} - 2 = 130 \text{ час.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Допустимая продолжительность пребывания персонала в течение суток в помещении согласно [25] составляет 130 часов, что больше времени рабочей смены. Интенсивность ультрафиолетового излучения (УФИ) на предприятиях. Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м<sup>2</sup> не должна превышать допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных рабочих местах «Санитарными нормами ультрафиолетового излучения в производственных помещениях».

Для защиты от избытка УФИ применяют противосолнечные экраны. Для защиты глаз в производственных условиях используют светофильтры (очки, щитки) из темного-зеленого стекла. В число основных мер по предотвращению воздействия УФИ на персонал входят комплексная автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами, вызывающих шум.

#### 7.5.6 Воздействие шума и вибрации на человека

Шум и вибрация являются причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения, что может привести к травматизму и авариям. Длительное воздействие интенсивных шумов может вызвать частичную, а иногда и полную потерю слуха. Степень вредности шума и вибрации зависит от частоты, уровня (силы), продолжительности и регулярности их воздействия. Классификация шумов, допустимые уровни шума на рабочих местах установлены в [26]. Источником шума и вибраций в цехе являются электромагниты, двигатели и вращающиеся части вспомогательных механизмов. Шум возникает в результате плохой балансировки, центровки, неуравновешенности муфт, маховиков и других вращающихся деталей и вследствие неплотного крепления деталей и перекосов, недостаточной смазки. Обслуживающий персонал обязан тщательно следить за исправностью и нормальной работой оборудования, вовремя устранять подобные неполадки, которые к тому же могут явиться причиной аварии. В число основных мер по предотвращению воздействия шума на персонал входят комплексная автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами, вызывающих шум. Для ограничения распространения шума используют звукоизолирующие кожухи, полы, стены, перекрытия. Стены помещений, где размещаются вызывающие шум агрегаты, не рекомендуется окрашивать масляной краской и облицовывать метлахской плиткой, так как это увеличивает отражение звука. В таких помещениях используют акустическую штукатурку, акустическую черепицу, войлок, стекловолокно. Для защиты рабочих от шума все встроенные помещения звукоизолированы, для этого стены и потолки облицованы звукопоглощающими материалами, окна выполнены с двойным остеклением и упругими прокладками по контуру. Допустимый уровень шума в соответствии с [27] составляет 80 дБ.

#### 7.5.7 Мероприятия по снятию психологических перегрузок

Общая продолжительность рабочего времени, времени начала и окончания работы, продолжительность обеденного перерыва, периодичность и длительность внутрисменных перерывов, работа в ночное время определена в соответствии с действующим законодательством и правилами внутреннего трудового распорядка. Эмоциональное напряжение характеризуется активацией различных функций

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

организма в связи с конкретными волевыми актами, с выполнением активной целенаправленной деятельности или подготовке к ней, а также с ожиданием какой-либо опасности. Эмоциональное напряжение в нормальных формах помогает персоналу, обслуживающему технические устройства, в решении профессиональных задач, так как при этом происходит мобилизация резервов организма. Но длительные и сильные состояния эмоционального напряжения, наоборот, отрицательно сказываются на трудоспособности людей, поэтому режим труда следует нормировать. Сохранению устойчивой работоспособности способствуют регламентированные перерывы: обеденный и кратковременный регламентированный перерыв. В разливочном цехе продолжительность обеденного перерыва составляет 1 час. Рекомендуются частые короткие кратковременные перерывы в 5–10 мин.

Для снятия психологических перегрузок необходимо устройство комнат релаксации; прослушивание спокойной функциональной музыки; выполнение производственной гимнастики.

### 7.6 Эргономика и производственная эстетика

Важную роль играет планировка рабочего места. Практика показывает, что она должна удовлетворять требованиям удобства выполнения работ и экономии рабочего времени работающего, рационального использования производственных помещений и удобству обслуживания. Наиболее благоприятный цвет для глаз человека – зеленый с длиной волны 0,535 мк, частота волны 600 Гц. Различные цвета по-разному воздействуют на психику человека: голубой, синий, фиолетовый – холодные, применяются в горячих цехах и в жаркое время года.

Стационарное оборудование рекомендуется окрашивать в салатный или светло-серый цвет, мобильные машины в броские темные тона – вишневый, коричневый, вращающиеся детали в красный цвет, защитные кожухи – в желтый. Потолок для лучшего отражения света окрашивают в белый цвет, а места которые часто пылятся и загрязняются (пол, печи, канализационные трубы, котлы) в темный цвет – черный, коричневый, серый.

Говоря о производственной эстетике, не нужно забывать и о производственной этике – культуре поведения, определяющие психологический микроклимат в коллективе.

Основные требования эргономики:

- рациональная расстановка оборудования в цехах, отделениях, на участках, - по ходу выполнения производственного процесса, сокращая при этом длину перехода от одной машины к другой без встречных потоков;

- соблюдение интервалов при установке стационарного оборудования: расстояние между машинами, стеллажами – 1 м, от машины до стены – 0,5 м, проходы между рядами машин – 1,5 м, проезды – 2,5 м;

- размещение рукояток управления машин в удобных зонах досягаемости рук, а педалей – для ног, снижение усилий на них.

Рациональное размещение: а) материалов на стеллажах (более легкие и мелкие – вверху, тяжелые, громоздкие и неудобные – внизу); б) инструментов и при-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

способлений на рабочих местах (основные у правой руки, вспомогательные – у левой, дальше от центра); в) документации и справочной литературы в ящиках рабочих столов (часто используемая – в верхних, редко – в нижних).

Наиболее удобная зона для работы рук располагается до 0,5 м от центра тупловища по ширине, до 0,7 м – по длине, на высоте от 1 до 1,6 м в положении стоя (от пола), от 0,6 до 1,2 м – сидя.

### 7.7 Противопожарная и взрывобезопасность

Согласно [28] по взрыво- и пожароопасности литейное производство, связанное с выделением тепла, искр и пламени в процессе обработка негорючих материалов в расплавленном состоянии, относится к категории Г (пожароопасные). В соответствии с [29] здание цеха выполнено из строительных конструкций III степени огнестойкости. В литейном цехе происходят высокотемпературные процессы, поэтому имеется постоянная опасность возникновения пожара, поэтому применяются меры по предупреждению пожароопасных ситуаций.

По классификации пожароопасных помещений цех относится к зоне класса

П – П<sub>а</sub>, как помещение, содержащее твердые горючие вещества, не способные переходить во взвешенное состояние. К средствам и способам пожаротушения относятся использование углекислоты, технологического пара, химической и воздушно-механической пены, а также воды. К месту пожара прокладывают пожарные рукава. В производственных помещениях оборудованы противопожарные уголки, снабженные ящиками с песком, емкостями с водой и пожароинвентарным щитом.

На участке цеха предусмотрен набор первичных средств пожаротушения:

1 – огнетушители ОУ, ОХП;

2 – противопожарный инвентарь (лопаты, песок, ломы, топоры, багры);

3 – на этаже установлены пожарные гидранты с таким расчетом, чтобы обеспечить подачу воды в любую точку помещения.

Включение установок автоматического пожаротушения осуществляется автоматически от извещателей, реагирующих на появление дыма и повышение температуры.

Стальные несущие и ограждающие конструкции защищают огнезащитными материалами или красками с пределом огнестойкости не менее 0,5 ч.

При тушении пожаров необходимо принимать меры для предупреждения распространения пожара.

Основы пожарной защиты предприятия определены государственными стандартами ССБТ [30] и [31].

Разработана и утверждена инструкция о мерах пожарной безопасности и план (схема) эвакуации людей в случае возникновения пожара на тепловых энергоустановках, приказом руководителя назначены лица, ответственные за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, помещений, участков.

								220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					78

По каждому происшедшему случаю пожара или загорания проводится расследование комиссией, создаваемой руководителем предприятия или вышестоящей организацией. Результаты расследования оформляются актом. При расследовании устанавливается причина и виновники возникновения пожара (загорания), по результатам расследования разрабатываются противопожарные мероприятия.

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и система противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия (план эвакуации людей из здания).

Предотвращения пожара достигается следующими мероприятиями:

- 1) не оставлять без присмотра работающее оборудование;
- 2) не допускать попадание внутрь установки посторонних предметов, жидкостей и сыпучих веществ;
- 3) не допускать перегибов, передавливания и натяжения питающих кабелей;
- 4) не устанавливать установку вблизи источников тепла;
- 5) не закрывать вентиляционных отверстий;
- 6) установка пожарной сигнализации.

В целях предотвращения пожара с людьми, работающими в цехе, проводится противопожарный инструктаж, на котором работников знакомят с правилами противопожарной безопасности, а также проводится обучение использованию первичных средств пожаротушения.

Ответственные за пожарную безопасность на участке лицо, ежедневно перед началом работ должны проверять состояние электрооборудования и комплектность средств пожаротушения, пожарного оборудования, ручного инструмента и инвентаря.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания. Огнетушители размещаются в легкодоступных и заметных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие отопительных и нагревательных приборов. Обеспечивается возможность прочтения маркировочных надписей на корпусе, а также удобство и оперативность пользования ими.

## 7.8 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность [32] процесса ЛВМ обеспечивается исключением из технологии применения токсичных связующих в формовочных и стержневых песчаных смесях (против традиционных литейных цехов, где на 1 т. отливок идет в отвал от 2 до 4 т. смеси со связующим), их транспортирования и выбивки отливок. Например, 1 м<sup>3</sup> воска модели весит 25 кг, если его замещают 7 т. жидкого чугуна, то при этом на 1 т. литья расходуется 3,6 кг полимера. В песчаных формах из смоляных холоднотвердеющих смесей при потреблении на 1 т. ли-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



тя в среднем 3% связующего в 3 т. смеси расход составляет 90 кг полимерного связующего (в 25 раз больше).

При ЛВМ образующиеся при заливке металла газы из контейнера отсасывают насосом, разрежение поддерживают примерно на уровне 0,05 МПа, одновременно это разрежение уплотняет и удерживает в неподвижном состоянии песок в процессе замещения модели металлом. Затем газы через трубу вакуумной системы подают для утилизации и обезвреживания в систему термокаталитического дожигания. Там они окисляются примерно на 98%, и в виде водяного пара и углекислого газа выбрасываются в атмосферу за пределами помещения цеха. Традиционные формы со связующим после заливки металлом дымят в помещении, несмотря на вентиляцию рабочей зоны цеха, а удаление газов из сухого песка насосом в 10 – 12 раз снижает показатели загрязнений воздуха рабочей зоны по сравнению с литьем в традиционные песчаные формы согласно проведенным измерениям концентраций примесей в воздухе цеха.

Над опоками в цеху сооружен вентиляционный зонд, который соединен с системой очистки газов.

Для предотвращения загрязнения водного бассейна сточными водами цех оборудован оборотным циклом водоснабжения.

Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу из труб, переносятся и рассеиваются в них по-разному в зависимости от метеорологических условий. Они могут осаждаться на поверхности земли, растительности и водной поверхности, вымываться из атмосферы дождями. На процесс рассеивания выбросов в атмосфере оказывает влияние целый ряд факторов: состояние атмосферы, рельеф местности и характер расположения на ней предприятия, высота трубы, скорость газов трубе, температура и плотность газов.

Газоочистка имеет три ступени очистки газов от пыли и окончательного их охлаждения перед нагнетателем. Первая ступень – котел-охладитель ОКГ-160 – служит для предварительного охлаждения газов и улавливания крупных фракций пыли. Вторая ступень – орошаемый газопровод - предназначена для окончательного охлаждения газов. Третья ступень – прямоугольная высоконапорная труба для тонкой очистки газов от мелкодисперсной пыли. Улавливание капель на влаге происходит после окончательной очистки газов с помощью каплеуловителей, после чего очищенные газы направляются в дымовую трубу и далее в атмосферу.

Разработаны планы мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу при объявлении особо неблагоприятных метеорологических условий, согласованный с региональными природоохранными органами, предусматривающий мероприятия по предотвращению аварийных и иных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

САУ не содержит в своем составе опасных и ядовитых веществ, способных нанести вред здоровью человека или окружающей среде и не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды по окончании срока службы. В этой связи утилизация изделия может производиться по правилам утилизации общепромышленных отходов.

## 7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Источником чрезвычайной ситуации (в дальнейшем ЧС) может стать опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение средств поражения, в результате чего произошла или может произойти ЧС. К природным ЧС относятся землетрясения, наводнения, сели, оползни, заносы, обледенения и лавины.

Следствием стихийного бедствия, нарушения технологии производства, правил эксплуатации различных машин, оборудования, мер безопасности может явиться авария или катастрофа. Наиболее опасным следствием катастроф являются пожары и взрывы. Для литейного производства характерен высокий процент возгораний от нагретого до высоких температур металла, поэтому наиболее вероятная причина возникновения ЧС – это пожар. Для уменьшения вероятности возникновения пожаров применяются защитные экраны и рациональное расположение оборудования. Все помещения снабжены средствами пожаротушения и схемами эвакуации людей.

Все работники должны знать, четко соблюдать и требовать от других выполнения в цехе правил пожарной безопасности, следить за наличием и исправностью средств пожаротушения и в случае пожара уметь ими пользоваться. Ответственные за пожарную безопасность на участке лица, ежедневно перед началом работ должны проверять состояние электрооборудования и комплектность средств пожаротушения, пожарного оборудования. На участке должен быть оборудован пожарный стенд, укомплектованный инструментами и средствами пожаротушения. Все проходы к ним должны быть постоянно свободными.

Устойчивость работы цеха при пожаре во многом повышается за счет оперативности пожарной команды, ввиду ее близкого расположения.

Устойчивость работы промышленного объекта – это способность объекта выпускать установленные виды продукции в объемах, предусмотренными соответствующими требованиями в условиях ЧС, а также приспособленность этого объекта к восстановлению в случае повреждения.

Для промышленного объекта характерны следующие факторы, влияющие на подготовку объекта к работе в условиях ЧС:

- район расположения объекта;
- внутренняя планировка и застройка территории объекта;
- системы энергоснабжения;
- технологический процесс;
- производственные связи объекта;
- системы управления;
- подготовленность объекта к восстановлению производства.

При оценке устойчивости работы промышленного объекта особое внимание уделяется системам энергоснабжения. Основным источником энергии является электроэнергия. Электроснабжение осуществляется от нескольких питающих ли-

ний. При выходе из строя одной линии, электроснабжение оборудования осуществляется от другой.

Основными мероприятиями по повышению устойчивости работы производственного участка являются:

- повышение прочности и устойчивости производственного участка и совершенствование технологического процесса;
- повышение устойчивости материально-технического снабжения;
- повышение устойчивости управления;
- разработка мероприятий по уменьшению вероятности возникновения вторичных факторов ЧС и ущерба от них;
- подготовка к восстановлению производства после аварии.

Повышение устойчивости цеха достигнуто применением для несущих конструкций высокопрочных и легких материалов. Применение облегченных междуэтажных перекрытий и лестничных маршей, а также легких, огнестойких кровельных материалов эффективно как при реконструкции существующих промышленных сооружений, так и при строительстве новых. Обрушение таких конструкций и материалов принесет меньший вред оборудованию, чем тяжелые железобетонные перекрытия. Повышение устойчивости оборудования достигается путем созданием запасов элементов, отдельных узлов и деталей, материалов и инструментов для ремонта и восстановления поврежденного оборудования.

К организационным мероприятиям, повышающим устойчивость управления объекта, относится заблаговременная подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости. В случае возникновения опасности оповещение производится при помощи внутрицехового радио и сирены.

Выводы по разделу семь: в главе «Безопасность жизнедеятельности» проведен анализ производственных и экологических опасностей, из которого следует, что при работе персонала разливочного ковша вредными и опасными производственными факторами являются: физические факторы; психофизиологические факторы.

Приведены основные меры и средства защиты от поражения током, проведен расчет заземления, которое удовлетворяет требованиям ПУЭ. Обязательным условием допуска персонала к работе является его профессиональная подготовка, соответствующая характеру выполняемых работ.

Для ликвидации пожаров применяется:

- газовые углекислотные огнетушители ОУ-5, ОХП-10;
- ящики с песком;
- необходимый пожарный инвентарь.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана САУ разливочного ковша на базе контроллера серии *DL05* модели *DO-05DR-D*, позволяющая обеспечить оптимальную скорость подъема стали в полости литейной формы в зависимости от толщины стенки отливки.

Предложенные алгоритмы, применение датчика веса и мотор-редуктора МР 112.80.2 позволяют обеспечить стабилизацию скорости подъема в пределах технологических требований, независимо от отклонений геометрии футеровки.

Разработана функциональная схема САУ и алгоритмы системы.

Разработанная система автоматизации установки позволила снизить 10% брака выпускаемой продукции при ЛВМ сложной формы. Ожидаемый экономический эффект составит 4437000 руб. за год. Срок окупаемости затрат 2 месяца.

Результаты проекта могут быть внедрены на ЗАО «УЗЦМ».

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Шуляк В.С., Литье по выплавляемым моделям. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007.—408 с.
- 2 Руководство пользователя контроллера DL05 // [http://plcsystems.ru/catalog/DirectLOGIC\\_2/doc/index.php](http://plcsystems.ru/catalog/DirectLOGIC_2/doc/index.php)
- 3 Спецификация F0-2AD2DA-2// [http://plcsystems.ru/catalog/F0/load/F0\\_2AD2DA\\_2\\_spec\\_rus.pdf](http://plcsystems.ru/catalog/F0/load/F0_2AD2DA_2_spec_rus.pdf)
- 4 Тензорезисторный датчик C2H// <http://www.tenso-m.ru/pages/21?id=198>
- 5 Аналоговый тензопреобразователь-усилитель LAC 74.1 // <http://www.flintec.chel.ru/products/lac74.html>
- 6 Бесконтактный индуктивный датчик ISB A8A-31P-10-LZ // <http://teko-com.ru/teko/device/7097>
- 7 Фотодатчик сигнализирующий ФДС-01 // <http://promachel.ru/index.php/fotodatchiki>
- 8 Светодиодные лампы СКЛ // <http://www.kaskad-electro.ru/skl/index.html>
- 9 Операторские панели Weintek // [http://plcsystems.ru/catalog/weintek/doc/MT8070i\\_spec\\_rus.pdf](http://plcsystems.ru/catalog/weintek/doc/MT8070i_spec_rus.pdf)
- 10 Блоки питания RHINO серии PSM с номиналами 12 и 24 В // [http://www.plcsystems.ru/catlog/UPS/doc/PSM\\_spec\\_rus.pdf](http://www.plcsystems.ru/catlog/UPS/doc/PSM_spec_rus.pdf)
- 11 Автоматические выключатели ВА // <http://electro.upsnab.ru/196.htm>
- 12 ГОСТ 19.003-80. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические [Текст]. – Введ. 1981–01–01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1981. – IV, 10 с., ил.
- 13 Кириллов, В.Е. Методические рекомендации для студентов электротехнических специальностей для подготовки экономического раздела дипломного проекта (расчета экономического эффекта и эффективности) // <http://www.zb-susu.ru>.
- 14 СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.
- 15 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- 16 Правила устройства электроустановок. Госэнергонадзор, 2000 г. (6-е издание).
- 17 ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 18 Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
- 19 ГОСТ 12.2.049-80. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
- 20 ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- 21 РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
- 22 СНиП 2.04.05. – 91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

23 СанПиН 2.2.1/2.1.1.567–96. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

24 СНиП 11-33-75. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

25 СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

26 ГОСТ 12.1.003 – 76. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

27 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

28 НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

29 СНиП 21.01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.

30 ГОСТ 12.1.004-85. Пожарная безопасность. Общие требования.

31 ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования.

32 ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

					220301.2016.022.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчеты зависимости площади зеркала стали от угла наклона ковша

Таблица А.1 – Расчеты зависимости площади зеркала стали от угла наклона ковша

α град°	Минимум		Номинал		Максимум	
	Зэл.мин	α градус	Зэл.ном.	α градус	Зэл.мак	α градус
0,0	0,113	0,0	0,126	0,0	0,0	0,139
3,0	0,114	2,9	0,126	2,7	2,7	0,139
6,0	0,114	5,7	0,126	5,4	5,4	0,139
9,0	0,115	8,5	0,127	8,1	8,1	0,140
11,9	0,116	11,3	0,128	10,8	10,8	0,141
14,7	0,117	14,0	0,130	13,4	13,4	0,142
17,5	0,119	16,7	0,131	15,9	15,9	0,144
20,2	0,121	19,3	0,133	18,4	18,4	0,146
22,8	0,123	21,8	0,135	20,9	20,9	0,148
25,3	0,125	24,2	0,138	23,2	23,2	0,151
27,8	0,128	26,6	0,140	25,5	25,5	0,153
30,1	0,131	28,8	0,143	27,6	27,6	0,156
32,3	0,134	31,0	0,147	29,7	29,7	0,160
34,4	0,137	33,0	0,150	31,8	31,8	0,163
36,4	0,141	35,0	0,153	33,7	33,7	0,167
38,3	0,144	36,9	0,157	35,5	35,5	0,170
40,1	0,148	38,7	0,161	37,3	37,3	0,174
41,8	0,152	40,4	0,165	39,0	39,0	0,178
43,5	0,156	42,0	0,169	40,6	40,6	0,182
45,0	0,160	43,5	0,173	42,1	42,1	0,187
46,5	0,165	45,0	0,178	43,6	43,6	0,191
47,9	0,169	46,4	0,182	45,0	45,0	0,196
49,2	0,174	47,7	0,187	46,3	46,3	0,201
50,4	0,178	49,0	0,192	47,6	47,6	0,205
51,6	0,183	50,2	0,196	48,8	48,8	0,210
52,8	0,187	51,3	0,201	50,0	50,0	0,215
53,8	0,192	52,4	0,206	51,1	51,1	0,220
54,0	0,193	53,5	0,211	52,1	52,1	0,226
55,0	0,195	54,0	0,212	53,1	53,1	0,231
56,0	0,196	55,0	0,214	53	53	0,230
57	0,197	56,0	0,214	54	54	0,232
59	0,196	57	0,215	55	55	0,233
61	0,194	59	0,214	56	56	0,233
63	0,192	61	0,211	57	57	0,233
65	0,188	63	0,208	59	59	0,232
67	0,184	65	0,204	61	61	0,229
69	0,178	67	0,199	63	63	0,225
71	0,173	69	0,193	65	65	0,220
73	0,166	71	0,187	67	67	0,215
75	0,159	73	0,180	69	69	0,209
77	0,151	75	0,172	71	71	0,202
79	0,141	77	0,163	73	73	0,194
81	0,130	79	0,153	75	75	0,185
83	0,117	81	0,141	77	77	0,176
85	0,101	83	0,127	79	79	0,164
87	0,080	85	0,109	81	81	0,152
89	0,047	87	0,087	83	83	0,136
		89	0,051	85	85	0,118
				87	87	0,093
				89	89	0,055