

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Механико-технологический факультет  
Кафедра машиностроения, автоматике и электроэнергетики

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ К.М. Виноградов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автоматизация дозирования формовочных смесей при изготовлении  
литейных форм

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты  
Безопасность жизнедеятельности,  
доцент  
\_\_\_\_\_ В.Г. Некрутов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель работы,  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Константинов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы ДО-506  
\_\_\_\_\_ Д.В. Шкляева  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер, преподаватель  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Константинов  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Шкляева Д.В. Автоматизация дозирования формовочных смесей при изготовлении литейных форм – Челябинск ЮУрГУ, МТ; 2018, 77 с. 22 ил., библиографический список – 22 наим., 7 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) предложен вариант комплексной автоматизации смесеприготовительного участка на Усть-Катавском вагоностроительном заводе цеха №18, который позволит повысить производительность труда, снизить расходы материалов, а также освободить рабочих от тяжелой и вредной работы в условиях литейного цеха. Кроме того, контроль масс дозируемых материалов дает возможность вести учет их расхода, что облегчает определение технико-экономических показателей работы литейного цеха.

В графической части были разработаны: постановка решаемых задач при автоматизации дозирования, установка для приготовления формовочной смеси, бункера над смесителями, дозатор весовой, схема автоматизации установки для приготовления формовочной смеси, система управления установкой дозирования, циклограмма работы смесителя, технико - экономические показатели.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Шкляева			Автоматизация дозирования формовочных смесей при изготовлении литейных форм	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Константинов					4	77
<i>Н. Контр.</i>		Константинов				ЮУрГУ (НИУ). Кафедра «МАЭ»		
<i>Утверд.</i>		Виноградов						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ .....	8
1.1 Общие сведения о ПЛК.....	8
1.2 Отечественные аналоги ПЛК.....	8
1.3 Зарубежные промышленные логические контроллеры .....	13
Выводы по части один.....	17
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	18
2.1 Общие сведения о смесеприготовительных системах .....	18
2.2 Конструкция и работа существующей смесеприготовительной установки .....	23
2.3 Аналитический обзор объектов и способов автоматизации смесеприготовительных систем.....	25
2.4 Проектируемая технология и направление совершенствования .....	28
Выводы по части два.....	29
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	30
3.1 Установка. Назначение установки .....	30
3.2 Описание конструкции установки для приготовления формовочной смеси....	31
3.3 Описание работы установки .....	31
3.4 Расчет основных элементов .....	33
3.5 Разработка системы подачи жидкой композиции .....	44
3.6 Выбор системы управления .....	46
3.7 Проектирование смешивающих бегунов.....	49
Выводы по части три .....	53
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	55
4.1 Основные производственные фонды и амортизационные отчисления.....	55
4.2 Материально энергетические затраты .....	55
4.3 Штаты цеха и фонд заработной платы.....	57
4.4 Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха.....	60
4.5 Смета цеховых расходов .....	61
4.6. Себестоимость продукция.....	62
4.7 Техничко-экономические показатели работы цеха .....	64
4.8 Анализ эффективности использования производственных ресурсов .....	67
4.9 Экономическая эффективность проекта.....	67
Выводы по части четыре .....	68
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	69
5.1 Краткое описание производственного участка.....	69
5.2 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном участке .....	69
5.3 Расчет необходимого воздухообмена .....	71
5.4 Классификация, причины возникновения и характеристика чрезвычайных ситуаций .....	72
Выводы по части пять.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ускорение научно-технического прогресса во всех отраслях тесно связано с комплексной автоматизацией производственных процессов.

Уровень автоматизации литейного производства, являющегося базой машиностроения, в настоящее время значительно ниже уровня автоматизации ведущих отраслей. Для ликвидации этого отставания большое значение имеет оснащение литейного производства современным оборудованием, позволяющим автоматизировать основные технологические процессы литья, осуществить учет количества перерабатываемых материалов и определить технико-экономические показатели работы литейного цеха.

Одним из основных технологических процессов литейного производства является смесеприготовление, в котором определяющими являются операции контроля и дозирования материалов. Автоматизация процессов дозирования позволяет обеспечить заданную рецептуру формовочных смесей, в результате чего повышается качество приготавливаемых смесей; улучшаются условия формовки, что позволяет повысить качество литья и снизить потери от брака.

Развернувшаяся за последние годы работа по автоматизации многообразных управляемых технологических процессов, в том числе и в процессе смесеприготовления способствовала созданию большого количества различных средств автоматического управления (механических, электрических, гидравлических, пневматических, электронных и др.), а также вспомогательных средств, таких, как электропневматические и другие клапаны, гидравлические, пневматические, электрические исполнительные механизмы и т. д.

С одной стороны, это привело к тому, что сейчас почти нет таких управляемых технологических процессов, которые нельзя было бы автоматизировать имеющимися средствами.

С другой стороны, это значительно осложнило автоматизацию ряда процессов и в том числе процессов литейного производства.

В выпускной квалификационной работе предложен вариант комплексной автоматизации смесеприготовительного участка на Усть-Катавском вагоностроительном заводе цеха №18, который позволит повысить производительность труда, снизить расходы материалов, а также освободить рабочих от тяжелой и вредной работы в условиях литейного цеха. Кроме того, контроль масс дозируемых материалов дает возможность вести учет их расхода, что облегчает определение технико-экономических показателей работы литейного цеха.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

# 1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

## 1.1 Общее сведения о ПЛК

Программируемый логический контроллер, представляет собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенных для работы в режимах реального времени.

Принцип работы ПЛК несколько отличается от «обычных» микропроцессорных устройств. Программное обеспечение универсальных контроллеров состоит из двух частей. Первая часть – это системное программное обеспечение. Проводя аналогию с компьютером можно сказать, что это операционная система, т.е. управляет работой узлов контроллера, взаимосвязи составляющих частей, внутренней диагностикой. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти центрального процессора и всегда готово к работе. По включению питания, ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд. ПЛК работают циклически по методу периодического опроса входных данных [1].

## 1.2 Отечественные аналоги ПЛК

Программируемый логический контроллер TREI-5B-00



Рисунок 1.1 - Внешний вид контроллера TREI-5B-00

Устройство TREI-5B-00 – это универсальное многофункциональное устройство программного управления, выполненное в стандартном конструктиве "Евро-

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

механика". В устройстве использована промышленная процессорная плата CPU 486/Pentium, поддерживающая ISA-интерфейс персональных компьютеров IBM PC.

Функциональная характеристика:

- 1) измеряет и нормирует аналоговые, дискретные и частотно-импульсные электрические сигналы с выходов первичных преобразователей (датчиков, термопар, термометров сопротивления и т. д.);
- 2) выполняет программную обработку сигналов с первичных преобразователей и формирует аналоговые/дискретные управляющие сигналы;
- 3) отображает на внешнем VGA-мониторе информацию о состоянии входных/выходных цепей;
- 4) управляется при помощи стандартной АТ-клавиатуры;
- 5) обеспечивает запись и хранение программ и данных пользователя на FLASH-диске и в энергонезависимом ОЗУ (SRAM);
- 6) обменивается информацией с внешними устройствами по последовательным интерфейсам RS-232, ИРПС/RS-485;
- 7) подключается к компьютерным сетям с помощью сетевых адаптеров (Ethernet);
- 8) имеет программно-аппаратную самодиагностику с выводом соответствующей информации на экран монитора и индикаторы на лицевых панелях плат устройства.

Состав устройства

В общем случае в состав устройства может входить центральный блок и блоки датчиков.

В центральном блоке размещаются платы IBM PC и съёмные платы с каналами ввода/вывода.

Блок датчиков предназначен для размещения плат датчиков, на которых устанавливаются каналы токовых датчиков и датчиков напряжения.

Блок датчиков применяется в резервируемых системах контроля и управления повышенной надёжности, где независимо от состояния центрального блока устройства требуется обеспечить питание различных типов внешних цепей, в том числе: пассивных аналоговых первичных преобразователей с токовым выходом, токовых цепей термометров сопротивления, цепей дискретного входа и т. д. [2].

Контроллер производителя «ЭМИКОН» DCS-2000

Успехи в современной микроэлектронике, позволившие создать достаточно мощные микропроцессоры с малым потреблением, обусловили перевооружение средств автоматизации. Примером могут служить интеллектуальные датчики, которые ранее были чисто аналоговыми или дискретными устройствами, а теперь в своем составе содержат микропроцессор. Такие датчики способны самостоятельно преобразовывать входную аналоговую информацию в цифровую, производить первичную обработку и по каналам связи передавать данные в контроллер. Программируемые контроллеры должны обладать определенной гибкостью, чтобы легко адаптироваться к современным средствам мониторинга и управления. Компания ЗАО «ЭМИКОН», более двадцати лет работающая на рынке автомати-

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

зации, постоянно находится в творческом поиске новых решений. Здравый консерватизм заказчиков систем автоматизации требует совместимости уже существующих контроллеров, работающих на объектах, с различными нововведениями. Чтобы удовлетворить требования стандартов и заказчиков, и в то же время перейти к новым средствам автоматизации, компания ЗАО «ЭМИКОН» решила расширить серию DCS-2000 новыми модулями. Главное отличие новых модулей - их конструктивное исполнение. Во-первых, были увеличены габаритные размеры модулей (до 140×120 мм), во-вторых, модули стали устанавливаться в каркас (вместо DIN-рельса) (рисунок 1.2).

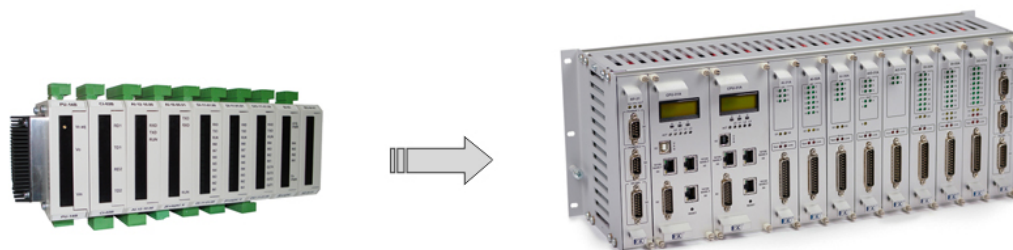


Рисунок 1.2 - Модули серии DCS-2000 (старый и новый конструктив)

Совместимость старых и новых модулей серии DCS-2000 достигается тем, что основой всех модулей является один и тот же микроконтроллер Atmega162 и были сохранены интерфейсные каналы, комплексирующие модули в систему, т.е. RS-485 протокол обмена MODBUS RTU.

Использование новых модулей серии DCS-2000 позволяет сократить общее количество модулей в среднем в 2 раза, так как количество объектных каналов в них в 2 раза больше, чем в старых. Кроме того, разработаны модуль релейного регистра (DOR-31A) и модуль ввода сигналов переменного тока напряжением 220В (DIA-31A). Это дало возможность не устанавливать в системы модули, содержащие релейный выход (OR-04), которые работают в связке с модулями DO-11 или DO-31A, и модули ввода дискретных сигналов переменного тока (IR-04), которые работают в связке с модулями DI-11 или DI-32.

Широкое распространение получили интеллектуальные датчики и исполнительные устройства, которые снабжены интерфейсами стандартных полевых сетей. Для использования таких устройств нет необходимости применения модулей ввода-вывода, а нужны сетевые контроллеры, имеющие большое количество интерфейсных каналов. В связи с этим, в плане модернизации модуля центрального процессорного устройства (CPU) CPU-17В, фирмой «ЭМИКОН» разработан модуль CPU-31A и с января 2010 г. начато его серийное производство. Модули CPU-17В и CPU-31A имеют аналогичные микропроцессоры, что обеспечивает совместимость программного обеспечения. Главное отличие модуля CPU-31A состоит в том, что он содержит от трех до пяти встроенных интерфейсных каналов типа ETHERNET. Более того, управление четырьмя каналами выполняет специальный сетевой контроллер, чтобы освободить микропроцессор модуля от процедур информационного обмена по каналам. Преимущество состоит в том, что, если для



подключения модуля CPU-17В к сети ETHERNET необходимо было использовать специальный модуль преобразователя интерфейсов CI-06В, при этом один из каналов интерфейса RS-485 исключался для работы с другими устройствами, то в случае с модулем CPU-31А дополнительный модуль не нужен.

Такое количество интерфейсных каналов, пять каналов интерфейса RS-485, один канал RS-232, ETHERNET, можно было встроить в модуль только использования мезонинное устройство. Модуль CPU-31А состоит из трех плат. Главная плата, «платформа» содержит микропроцессор типа Am186CU-40 KI\W фирмы AMD, являющийся основой модуля, пять интерфейсных каналов RS-485, по одному каналу RS-232, ETHERNET, часы реального времени, схему, обеспечивающую резервирование и соединитель для подключения к «платформе» сетевой платы С-32. Сетевая плата, имеющая собственный микропроцессор, дополнительно обеспечивает модуль еще двумя каналами интерфейсными каналами ETHERNET. Кроме того, сетевая плата, в свою очередь, содержит соединитель для подключения к ней формирователя двух каналов ETHERNET, СИМ-32. Архитектура CPU выглядит следующим образом. Микропроцессор «платформы» через двухпортовое ОЗУ производит информационный обмен с сетевой платой, микропроцессор которой управляет четырьмя каналами ETHERNET. Возможны модификации модуля CPU-31А состоящего из одной «платформы» с одним каналом ETHERNET, из «платформы» и сетевой платы с двумя каналами ETHERNET (всего три канала ETHERNET), из «платформы», сетевой платы и формирователя СИМ-32 (всего пять каналов ETHERNET).

Новые модули серии DCS-2000 обладают развитой системой индикации. Устройство индикации каждого модуля состоит из системной части и объектной. Системные индикаторы характеризуют работу микроконтроллера модуля, выполнения тестов, наличие питания, работу сетевых интерфейсных каналов. Объектная часть показывает наличие входных или выходных сигналов в зависимости от типа модуля. В ряде модулей индикаторы объектной части мигание сигнализируют об аварийных ситуациях, на пример замыкание соседних выходных дискретных каналов, выход за дозволенные границы входных аналоговых сигналов.

В последнее время новые модули серии DCS-2000 успешно применяются в контроллерах систем автоматизации пожаротушения КСАП-02. Примером могут служить САП НПС-3 и НПС-7 Балтийской трубопроводной системы БТС-II (см. рисунок 1.3). Такие контроллеры, построенные на базе модулей DCS-2000 с увеличенным количеством каналов ввода-вывода, устанавливаемые в каркас и связанные с процессорным модулем с применением быстродействующей последовательной шины, отличаются повышенной производительностью и надежностью.

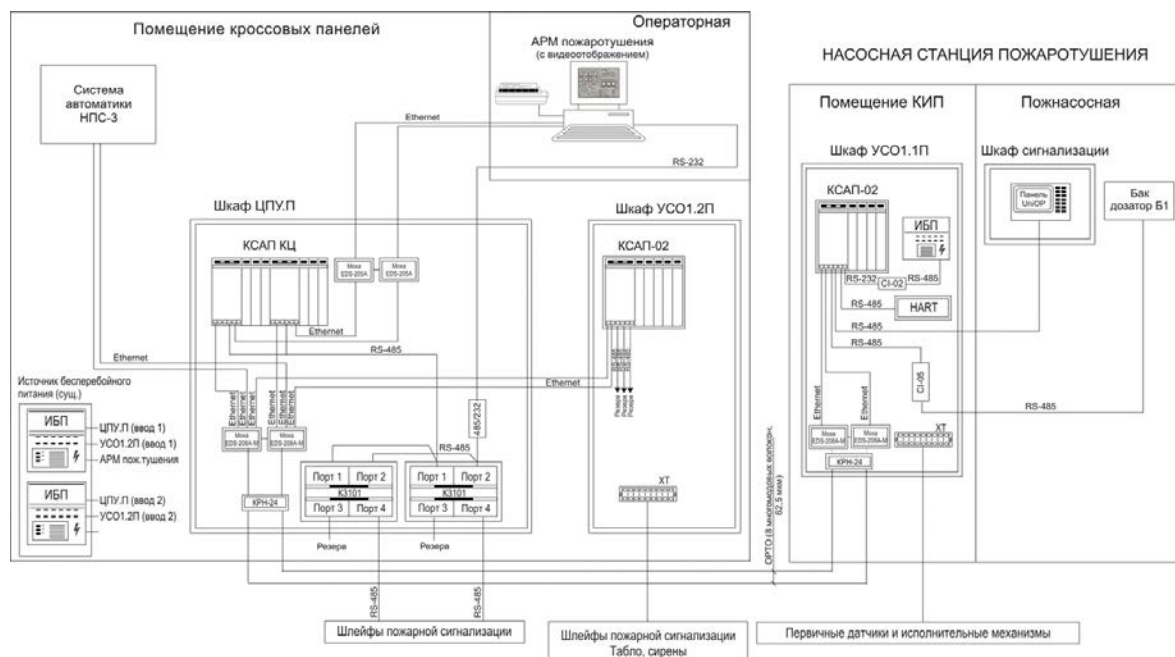


Рисунок 1.3 – Система пожаротушения

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что новые модули серии DCS-2000 расширяют возможности контроллеров ЭМИКОН и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к современным средствам автоматизации, и рекомендовать новые модули серии DCS-2000 для применения в централизованных и распределенных системах автоматизации практически любой сложности для всех отраслей промышленности [3].

Контроллер производителя «ВОЛМАГ» МК-500



Рисунок 1.4 - Контроллер серии КОНТРАСТ КР-500М

Контроллеры МК-500 – это компактное микропроцессорное устройство со встроенными входами-выходами.

Предназначен для построения систем автоматизации технологических процессов малого (по числу входов-выходов) уровня сложности, а также построения отдельных подсистем средних и сложных АСУ ТП.

Существует два вида миниконтроллеров:

- 1) МК-500-10;

2) МК-500-12.

Отличия миниконтроллеров от блоков контроллера КР-500 (КР-500М):

1) отсутствие резервирования (отсутствует для МК-500-10);

2) встроенные каналы входов/выходов;

3) меньшее количество интерфейсов для связи с внешними устройствами.

Функциональные возможности схожи с блоками контроллера КР-500М. Миниконтроллеры поддерживают программирование на языках ФАБЛ и ПРОТЕКСТ, регистрацию, архивацию, работу с модемами [4].

Таблица 1.4 Основные отличия миниконтроллеров МК-500-10 и МК-500-12

Характеристика	МК-500-10	МК-500-12
Количество портов RS-232, МЦ/МР	1/0	1/0
Количество портов RS-485, МЦ/МР	3/1	4/2
Порт USB для связи с верхним уровнем	есть	есть
Порт Ethernet 10/100 Мбит	1	1
Аппаратная поддержка резервирования	нет	нет

### 1.3 Зарубежные промышленные логические контроллеры

Промышленный контроллер SIMATIC S7-1200 - это новое семейство микроконтроллеров Сименс для решения самых разных задач автоматизации малого уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение. Они способны работать в реальном масштабе времени, могут использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения. Программируемые контроллеры S7-1200 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работают в диапазоне температур от 0 до +50 °С. Они способны обслуживать от 10 до 284 дискретных и от 2 до 51 аналогового канала ввода-вывода. При одинаковых с S7-200 конфигурациях ввода-вывода контроллер S7-1200 занимает на 35% меньший монтажный объем. К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-1200 могут быть подключены коммуникационные модули (CM); сигнальные модули (SM) и сигнальные платы (SB) ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Совместно с ними используются 4-канальный коммутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) и модуль блока питания (PM 1207).

Конструкция ПЛК S7-1200 предусматривает компактные корпуса из пластика с защитой IP20, которые можно монтировать на профильную шину DIN стандартного типа (35 мм) или любую плоскую поверхность. Система сохраняет работоспособность в широком температурном диапазоне (от 0 до +50 °С) и способна об-

служивать большое число каналов ввода-вывода (10-284 дискретных, 2-102 аналоговых).

Модули, входящие в состав контроллера Simatic S7 1200: CPU (центральные процессоры), CM (коммуникационные), SM/ SB (ввод-вывод аналоговых и дискретных сигналов), PM 1207 (блок питания), CSM 1277 (коммутатор Industrial Ethernet четырехканального типа), различные технологические модули (IO-Link, модули весоизмерения, считывания системы RFID, мониторинга состояний механических компонентов, измерения параметров сети), модуль батареи и имитаторы входных сигналов.

Программирование и конфигурирование новой серии ПЛК осуществляется с помощью программного обеспечения Simatic Step 7 Basic, которое подходит не только для серии S7-1200, но и для линейки Basic Panels. Пакет Simatic Step 7 Basic V14 расширен за счет встроенного ПО WinCC Basic, обеспечивая широкий набор средств для разработки проектов для различных устройств. Дополнительно пакет Step 7 Basic V14 оптимизирован для работы с операторскими панелями Basic Panel V2.0. Это позволяет кардинально улучшить эффективность и комфорт работы.

Сфера применения ПЛК S7-1200:

- разнообразные отрасли промышленности (управление и контроль производственного оборудования);
- передача информации между удаленными объектами;
- управление позиционированием и управлением приводов;
- регулирование системы, выполняемое на основе PID –алгоритмов.

Центральные процессоры

В этой серии контроллеров Siemens используются 5 типов центральных процессоров; модели отличаются друг от друга типом и количеством входных-выходов, объемом встроенной памяти, итоговой производительностью и другими параметрами. Каждый CPU представлен в трех модификациях:

- напряжение питания 24 В, дискретные входы 24 В, дискретные выходы 24 В/0.5А на базе транзисторных ключей;
- общая нагрузочная способность - до 2 А на контакт, напряжение питания 24 В, дискретные входы 24 В, дискретные выходы выполнены с контактами реле замыкающего типа;
- общая нагрузочная способность - до 2 А на контакт, напряжение питания ~115/230 В, дискретные входы 24 В, дискретные выходы выполнены с контактами реле замыкающего типа.

Каждый CPU Siemens имеет интегрированный интерфейс Ethernet; кроме того, присутствует возможность дополнительного подключения коммуникационных модулей (до трех) и установки дополнительной платы ввода-вывода. Есть возможность подключения сигнальных узлов (2 для CPU 1212C, 8 – для CPU 1214C, 1215C и 1217C).

Коммуникации

Контроллеры Simatic S7 1200 в качестве основного средства коммуникации используют встроенный Ethernet-интерфейс. Благодаря нему осуществляется диа-

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

гностика, возможность программировать, обмен данными с интерфейсами человеко-машинной категории или прочими устройствами автоматизации [5].

#### Контроллеры АВВ серий АС500



Рисунок 1.5 - Контроллеры АВВ серий АС500

Серия контроллеров АВВ АС500 представляет собой мощную платформу для проектирования и создания масштабируемых, гибких и экономически привлекательных решений для автоматизации. Разнообразие ЦПУ с различной производительностью, большое количество дополнительных модулей и поддерживаемых устройств дает возможность создавать очень гибкие решения и предоставлять заказчику только тот функционал, который ему требуется. К контроллерам АС500 может быть одновременно подключено до 7 дополнительных модулей, включая 4 сетевых модуля. Кроме модулей ввода/вывода контроллеры АВВ АС500 имеют богатые коммуникационные возможности благодаря множеству дополнительных сетевых модулей, поддерживающих самые распространённые промышленные протоколы связи (Profibus, DeviceNet, CANopen и др.). Поддержка множества сетевых протоколов позволяет легко интегрировать разнообразные сетевые устройства от сторонних производителей в общую систему, тем самым увеличивать функционал ПЛК. Для программирования контроллера используется программное обеспечение (ПО) PS501 Control Builder Plus на базе CODESYS поддерживающее 5 основных языков программирования: LD, IL, FBD, ST и SFC. В PS501 включена внушительная библиотека функциональных блоков, среда для разработки HMI и встроенный симулятор, позволяющий тестировать программу без использования контроллера [6].

Программируемые логические контроллеры Matsushita Electric Works серии FR0

Самый миниатюрный контроллер в своем классе. Размеры модуля ЦПУ всего 90x60x25(30) мм, он легко помещается в кармане. Даже в варианте при максимальном расширении размеры системы будут всего 90x60x105 мм.

Различные варианты использования модулей расширения предоставляют возможность создавать системы управления, удовлетворяющие желаниям самых требовательных разработчиков. Гибкость таких систем обеспечивается возможностью комбинации модулей расширения как с релейными и транзисторными входами/выходами, так и с другими специализированными модулями, такими как

модули аналоговых входов/выходов, модулями PROFIBUS и MEWNET, а также модемами для удаленного управления (в том числе и через сеть стандарта GSM) и операторскими панелями.

Всего возможно подключение до 3 модулей расширения и один модуль ЦПУ, что обеспечивает возможность создания системы со 128 входами/выходами.

Линейка модулей расширения от простого к сложному:

1) модули расширения дискретных входов/выходов на 10, 14, 16 или 32 входа/выхода, модули расширения входов или выходов на 8 или 16 точек;

2) аналоговые модули расширения на 2 или 8 каналов с возможностью прямого подключения термопары без использования дополнительных адаптеров.

Модули для работы в сети:

1) модуль PROFIBUS DP, позволяющий подключать контроллер FP0 к сети PROFIBUS в качестве ведомого;

2) модуль MEWNET F для подключения контроллеров (до 16) к ПК или контроллеру верхнего уровня серии FP2 или FP10 производства Matsushita Electric;

3) адаптер C-NET для объединения контроллеров FP0 в промышленную сеть по открытому протоколу MEWTOCOL-COM.

Модули для удаленного управления:

1) FP-MODEM 14.4 для удаленного управления ПЛК через аналоговые линии связи;

2) FP-ISDN64k для удаленного управления через цифровые линии связи по стандарту ISDN;

3) Web Modul удаленное управление через Интернет.

Контроллеры серии FP0 несмотря на свой игрушечный размер обладают мощными характеристиками:

1) Скорость обработки 0,9 мксек на логическую команду.

2) Мощная система команд: всего 210 различных команд, в том числе команды обработки чисел с плавающей точкой, тригонометрические функции, логарифмирование и прочее. Возможность использования аппаратного ПИД-регулятора. Память программ до 10000 шагов.

3) 2 порта RS232C обеспечивают удобство работы и программирования системы управления в целом, позволяя одновременно вносить изменения в программу, загружать ее в контроллер и одновременно управлять процессом через операторскую панель, подключенную ко второму порту RS232C.

4) Специальные функции, разработанные для использования контроллера для управления быстрыми процессами: генерация импульсов (ШИМ) до 1 кГц, импульсная ловушка для обработки сигналов длительностью от 50 мксек, обработка прерываний, функция быстрого счетчика (4 канала однофазно до 10 КГц на все каналы или 2 канала парафазно до 2 КГц на 2 канала), специальные функции для удобства управления позиционированием.

5) Специальные функции для защиты данных: EEPROM или RAM с резервной батареей, функция защиты паролем программы.

6) Удобство обслуживания контроллера: различные варианты монтажа контроллера, различные типы разъемов входов/выходов.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

7) Программное обеспечение, обеспечивающее программирование контроллера по стандарту IEC 1131-3 четырьмя различными языками программирования (список инструкций, язык релейных диаграмм, язык последовательных функциональных диаграмм и язык функциональных блоковых диаграмм), а также расширенные функции по документированию проектов, диагностика и мониторинг программ [7].

#### Выводы по части один

В данной части проанализированы управляющие устройства – логические контроллеры отечественного и зарубежного производства, применяемые в промышленности. Подробно рассмотрены особенности их применения, функциональные возможности и технические характеристики.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Общие сведения о смесеприготовительных системах

В литейных цехах массового и крупносерийного производства получают применение центральные смесеприготовительные системы, представляющие собой комплекс машин, транспортеров и устройств для переработки исходных формовочных материалов, получения на их основе необходимых смесей и передачи этих смесей к местам изготовления форм.

В центральную смесеприготовительную установку входит группа оборудования для предварительной обработки отработанной формовочной смеси и приготовления рабочей формовочной смеси, называемой единой. Эта смесь используется одновременно в качестве наполнительной и облицовочной. Вместе с транспортными устройствами для готовой смеси, литейных форм и отработанной смеси установка образует замкнутую систему, в которой циркулирует основная оборотная формовочная смесь. Эта система получает свежие формовочные материалы из установки для их приготовления, расположенной на складе. Вместе с тем при накоплении избытка материала в системе из нее удаляется (обычно периодически) часть отработанной смеси в отвал.

В современных литейных цехах массового и крупносерийного производства с автоматическими литейными линиями обычно для каждой линии имеется своя индивидуальная смесеприготовительная установка и замкнутая смесеприготовительная система [8].

#### 2.1.1 Технологический процесс приготовления формовочной смеси

Формовочные смеси готовят из свежих песчано-глинистых формовочных материалов, добавок и отработанной смеси. В зависимости от массы отливок расход формовочных смесей колеблется от 500 до 1300 кг, а свежих материалов от 500 до 1000 кг на 100 кг годных отливок.

Технологический процесс приготовления формовочных смесей складывается из следующих основных операций: предварительной обработки свежих формовочных материалов и добавок; предварительной обработки отработанной формовочной смеси; приготовления смеси из предварительно подготовленных свежих и отработанных формовочных смесей, добавок и связующих.

Предварительная обработка свежих формовочных материалов включает операции сушки песка, тонкого измельчения каменного угля, просеивания песка и угля. Отработанная смесь перед повторным использованием охлаждается, разрыхляется, подвергается магнитной сепарации и просеивается.

Сушка песка и глины производится в различных печах (трубчатых, вертикальных и горизонтальных) и на плитах. Наиболее распространены вертикальные и горизонтальные сушильные печи. Вертикальные печи применяют для сушки

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



кварцевых и малоглинистых песков. Для жирных же песков и глин их не применяют вследствие налипания материалов на диски и плужки. Широкое применение находят установки для сушки песка в кипящем слое. В механизированных цехах песок и глину сушат в барабанах с водяным охлаждением песка после сушки. Свежий песок сушат при 250° С. Производительность таких сушил от 5 до 20 т/ч и выше.

В последнее время стали применять установки с сушкой песка горячим воздухом. Песок из бункера загружают в трубу, в которую снизу подается воздух, нагретый до 200—250° С. Сырой песок увлекается вверх со скоростью 15—17 м/с и быстро высыхает. Производительность установки может достигать до 15 т/ч сухого песка.

Сухую глину размалывают и просеивают до порошкообразного состояния. Глину размалывают в бегунах или же в шаровых мельницах. Тонкое размельчение глины и каменного угля достигается в шаровых мельницах. Шаровая мельница представляет собой металлический барабан, футерованный стальными плитками с зазорами между ними. Глину или каменный уголь загружают в барабан через воронку. При вращении барабана стальные шары, находящиеся внутри него, размалывают глину или уголь. Размолотый материал проваливается через зазоры между плитками и просеивается через сито. Готовый материал высыпают из барабана. Производительность шаровых мельниц 100—8000 кг/ч.

Вместо сухой глины часто применяют глинистую и глиноугольную эмульсию (раствор глины или глины и угольного порошка в воде). При использовании эмульсии глину и бентонит можно не сушить и не молоть, в связи, с чем отпадает ряд операций по подготовке и транспортировке этих материалов. Глинистая эмульсия должна иметь плотность 1,09—1,15 г/см<sup>3</sup>, ее готовят следующим образом: в бак-мешалку с водой загружают глину и перемешивают в течение определенного времени до достижения эмульсией заданной плотности. Готовую эмульсию выпускают через вентиль бака-мешалки.

Глиноугольную эмульсию готовят в баке-концентраторе, в который подают определенное количество глинистой и глиноугольной эмульсии. После наполнения бака-концентратора эмульсию перемешивают до нужной плотности (1,1-1,5 г/см<sup>3</sup>) и затем специальными насосами-дозаторами автоматически подают в бегуны или смесители.

Обработка отработанной формовочной смеси. Отработанная формовочная смесь, выбитая из опок, перед повторным использованием должна быть предварительно переработана. В немеханизированных литейных цехах ее просеивают на обычном сите или на передвижной смесеприготовительной установке, где происходит отделение металлических частиц и других посторонних примесей. В механизированных цехах отработанная смесь подается из-под выбивной решетки ленточным транспортером в смесеприготовительное отделение. Крупные комки смеси, образующиеся после выбивки форм, обычно разминают гладкими или рифлеными вальцами. Металлические частицы отделяют магнитными сепараторами, установленными на участках передачи отработанной смеси с одного транспортера на другой.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Регенерация (восстановление) заключается в извлечении песка из отработанных смесей и приведении его свойств в соответствие с установленными техническими требованиями на формовочные лески. В зависимости от условий работы цеха регенерацию отработанной смеси производят различными способами: мокрым, электрокоронным и специальным для смесей, приготовленных на жидком стекле.

Мокрый способ регенерации применяют главным образом в цехах, имеющих гидравлические или пескогидравлические установки для очистки отливок. При мокром способе зерна песка с помощью воды отмываются от глины и мелкой пыли, которые потоком воды уносятся в отстойники и далее в отход. Промытый и обеспыленный песок оседает на дно сборника, откуда грейфером подается в сушильную печь, а затем просеивается и используется для приготовления формовочных смесей.

При электрокоронной регенерации отработанная смесь разделяется на частицы разных размеров с помощью высокого напряжения. Песчинки, помещенные в поле электрокоронного разряда, заряжаются отрицательными зарядами. Если электрические силы, действующие на песчинку и притягивающие ее к осадительному электроду, больше силы тяжести, то песчинки оседают на поверхности электрода. Изменяя напряжение на электродах, можно разделять песок, проходящий между ними, по фракциям.

Регенерация формовочных смесей с жидким стеклом осуществляется специальным способом, так как при многократном использовании смеси в ней накапливается более 1—1,3% щелочи, что увеличивает пригар, особенно на чугунных отливках. Во вращающийся барабан установки для регенерации подают одновременно смесь и гальку, которые, пересыпаясь с лопастей на стенки барабана, механически разрушают пленку жидкого стекла на зернах песка. Через регулируемые жалюзи в барабан поступает воздух, отсасываемый вместе с пылью в мокрый пылеуловитель. Затем песок вместе с галькой подают в барабанное сито для отсеивания гальки и крупных зерен с пленками. Годный песок из сита транспортируют на склад.

Приготовление формовочных смесей. Очень важными операциями являются увлажнение и перемешивание смеси. Тщательное перемешивание смеси необходимо для равномерного распределения ее составляющих. При перемешивании глина и связующее обволакивают зерна песка, комья отдельных составляющих разрушаются и равномерно распределяется влага. Хорошо перемешанная смесь обладает максимальной прочностью и газопроницаемостью. Для перемешивания смеси применяют лопастные смесители или бегуны.

Лопастной смеситель - это машина непрерывного действия, он может быть встроен в автоматизированную смесеприготовительную систему. Смеситель часто применяют для приготовления смесей с низким содержанием глины (наполнительных смесей, сыпучих и т.д.) или смесей с жидкими связующими. Смесей с высоким содержанием глины в лопастном смесителе плохо перемешиваются и поэтому обладают низкими технологическими свойствами. Такие смеси обычно готовят в Катковых смесителях-бегунах.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Порядок загрузки составляющих смеси. Сначала загружают сухие материалы: песок, глину и отработанную формовочную смесь. Сухую смесь перемешивают примерно 1-3 минуты и затем увлажняют. В случае применения глинистой эмульсии (раствора глины в воде или же глиноугольной эмульсии) влажность регулируют добавлением раствора эмульсии и воды. После увлажнения смесь еще раз перемешивается в течение нескольких минут. Связующие обычно загружают последними. Продолжительность перемешивания составляет для смеси: наполнительной 2-3 мин, 3-5 минут и облицовочной 5—10 мин.

Для быстросохнущих облицовочных смесей особое значение порядок загрузки и продолжительность перемешивания смесей. Обычно быстросохнущие смеси готовят в смешивающих бегунах. При приготовлении этих смесей сначала в бегуны загружают сухие материалы (отработанную смесь, песок, добавки и пр.) и перемешивают в течение 5 минут, затем вводят связующее и воду, все перемешивают еще 7—10 мин. Готовая смесь должна вылежаться перед употреблением в течение нескольких часов для равномерного распределения в ней влаги.

При приготовлении быстросохнущих смесей с жидким стеклом сначала загружают песок, глину и перемешивают 2-3 мин, потом добавляют едкий натр и смесь еще раз перемешивают 3-4 минуты, затем вводят жидкое стекло и опять перемешивают 10—12 минут. После этого добавляют мазут и снова перемешивают в течение 4-5 минут.

### 2.1.2 Характеристика литейных материалов

Формовочными материалами называются материалы, применяемые для изготовления литейных форм и стержней. Формовочные материалы разделяют на исходные формовочные материалы, формовочные и стержневые смеси, вспомогательные формовочные составы.

Исходные формовочные материалы делятся на две группы:

- 1) основные — огнеупорная основа смеси (кварцевый песок и т.д.), связующие материалы (глина, различные смолы, другие связующие вещества);
- 2) вспомогательные, например различные добавки (уголь, древесная мука, торф и т.д.), придающие формовочной или стержневой смеси определенные свойства.

Формовочные смеси готовят из исходных формовочных материалов и из отработанных смесей (смеси, бывшие в употреблении). Состав смесей зависит от назначения, способа формовки, рода заливаемого в форму металла.

Вспомогательные формовочные составы – это материалы (краски, клеи, замазки), необходимые для отделки и исправления форм.

### 2.1.3 Требования к процессу смесеприготовления

Для получения качественных форм и годных отливок, формовочные смеси должны обладать технологическими свойствами, отвечающими определенным требованиям. Для хорошего уплотнения формовочной смеси в опоке большое

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

значение имеет пластичность смеси - способность деформироваться под действием приложенных внешних усилий или собственной массы, что обеспечивает получение отпечатка модели или заполнение полости стержневого ящика. Пластичность формовочной смеси зависит от свойств составляющих смеси и применяемых связующих. Например, смесь с масляным связующим обладает большой пластичностью; песчано-глинистые смеси имеют небольшую пластичность.

Литейная форма должна обладать достаточной прочностью, чтобы при сборке, транспортировке и заливке металлом она не разрушалась. Поэтому и формовочная смесь должна обладать определенной прочностью - способностью сопротивляться разрушению под действием нагрузки. Прочность формовочной смеси зависит от зернистости песка, влажности, плотности и от содержания глины или связующих в смеси. С увеличением плотности, уменьшением размера зерен песка, увеличением глиносодержания прочность смеси возрастает.

Сыпучесть смеси влияет на зависание ее в бункерах, на заполнение и равномерность распределения смеси при засыпке в опоку, качество и длительность перемешивания смеси в смесителях. С сыпучестью связана комкуемость - способность смеси образовывать комки. Сыпучесть и комкуемость зависят от прочности связей песчинок в местах контакта. Начальная (насыпная) плотность смеси повышает равномерность уплотнения формы. Поэтому смесь должна иметь хорошую сыпучесть - минимальную комкуемость.

Большое значение имеет поверхностная прочность - сопротивление поверхностного слоя формы. Поверхностная прочность характеризуется осыпаемостью.

В процессе заливки и охлаждения отливки стенки формы нагреваются металлом до высоких температур, равных практически температуре металла, поэтому формовочные материалы должны обладать высокой огнеупорностью. Это одно из главных требований, предъявляемых к формовочным материалам.

Огнеупорность - способность смеси сопротивляться размягчению или расплавлению под действием высокой температуры жидкого металла - зависит от огнеупорности составляющих смеси и количественного их соотношения. Чем больше примесей в песке и глине, тем меньше огнеупорность формовочных смесей. Чем крупнее песок и чем меньше в нем примесей, пыли и больше кремнезема, тем более огнеупорна смесь.

В процессе заливки формы металлом органические материалы, входящие в состав формовочной смеси (связующие, опилки), сгорают и выделяют газы, влага испаряется и образует большое количество паров. Способность смеси выделять газы при заливке называется газотворностью. Она определяется количеством газов, выделяющихся из 1 кг смеси. Образующиеся газы, пары и воздух стремятся выйти из формы через поры формовочной смеси. Поэтому она должна иметь достаточную газопроницаемость.

Газопроницаемость - свойство смеси пропускать через себя газы - зависит от качества и количества глинистых составляющих и кварцевого песка. Чем больше песка в формовочной смеси и чем он крупнее, тем выше газопроницаемость смеси, и наоборот. Газопроницаемость зависит также от формы зерен песка, влажности, наличия пыли, угля, степени уплотнения и т.п. Чем больше пыли в песке, тем

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

меньше газопроницаемость. При быстром газообразовании и недостаточной газопроницаемости смеси давление газа превышает давление залитого металла, и газ стремится выйти из формы не через смесь, а через металл. В этом случае в отливках могут появиться и газовые раковины.

В процессе затвердевания и охлаждения размеры отливки уменьшаются вследствие усадки металла. Однако форма препятствует усадке, в результате в отливке могут возникать напряжения и появляться трещины. Поэтому формовочная смесь должно обладать податливостью - способностью сокращаться в объеме и перемещаться под действием усадки отливки.

Высокая прочность и газопроницаемость формовочной смеси обеспечиваются однородностью - равномерным распределением в формовочной смеси составляющих компонентов в результате тщательного перемешивания.

Формовочные смеси должны обладать минимальной прилипаемостью к модели, что зависит от содержания влаги, связующей добавки и ее свойств. Прилипаемость смеси повышается с увеличением количества жидкости в смеси. Сульфитно-спиртовая барда увеличивает прилипаемость смеси, масляные связующие уменьшают ее.

Гигроскопичность - способность формовочной смеси поглощать влагу из воздуха - зависит от свойств связующей добавки.

Долговечность - способность смеси сохранять свойства при повторных заливках. Чем долговечнее смесь, тем меньше добавляют в отработанную смесь свежих формовочных материалов при ее переработке. Освобождение отработанной смеси от пыли, введение свежего песка и глины позволяют восстановить свойства смеси.

## 2.2 Конструкция и работа существующей смесеприготовительной установки

Усть-Катавский вагоностроительный завод имени С.М. Кирова - старейшее предприятие России, основан в 1758 году. Литейное производство на данном заводе работает со дня его основания, этим занимается цех 18. С того времени оборудование практически не обновлялось и не подвергалось автоматизации, это касается, в том числе смесеприготовительного участка.

Для приготовления формовочных смесей на заводе используются следующие компоненты: сыпучие - песок 1К0315, отработанная смесь, глина порошок; жидкие - глина суспензия в качестве минерального связующего, лингосульфат в качестве связующего материала для формовочных смесей, жидкое стекло (водный раствор силиката натрия.), которое используется как флотационный реагент. На этой установке приготавливается два вида смесей: облицовочная и наполнительная. Для приготовления облицовочной смеси в основном используется свежий песок, глина и жидкие добавки, а для наполнительной используется отработанная смесь. Количество материала входящего в ту или иную смесь зависит от состава этой смеси, зависимость количества компонентов от наименования смеси приведено в таблице 2.1.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Для того чтобы смесь была приготовлена правильно, необходимо ее готовить при определенных режимах и чтобы эта смесь соответствовала положенным ей физико-механическим свойствам (таблица 2.2).

Таблица 2.1 – Составы формовочных смесей

Наименование смеси	Песок ИКО315, м <sup>3</sup>	Отраб. смесь, м <sup>3</sup>	Глина порошок, л	Глина суспензия, л	Лингосульфат, л	Жидкое стекло, л
Облицовочная №5	1	-	30 – 50	30 – 50	10 – 20	-
Облицовочная 75%	0,75	0,25	20 – 25	20 – 30	5 – 20	-
Облицовочная 50%	0,5	0,5	15 – 25	15 – 30	5 – 10	-
Облицовочная жидкостеклянная №6	1	-	10 – 15	-	-	40 – 50
Наполнительная №7	-	1	-	5 – 10	5 – 10	-

Таблица 2.2 – Режимы приготовления и физико-механические свойства

Наименование смеси	Режим приготовления	Физико-механические свойства		
		Газопроницаемость ед.	Прочность на сжатие по сырому кгс/см <sup>2</sup>	Влажность
Облицовочная №5	Песок + глина (порошок) перемешать 2мин. + суспензия + лингосульфат + вода перемешать 7-8 мин.	-150	0,35 – 0,45	4,5 – 5,5
Облицовочная 75%	Песок + отработанная смесь, перемешать 1 мин. + суспензия, перемешать 2 мин. + глина (порошок) + лингосульфат + вода перемешать 7-8 мин.	-120	0,35 – 0,45	4,5 – 5,5
Облицовочная 50%	Песок + отработанная смесь, перемешать 1 мин. + суспензия, перемешать 2 мин. + глина (порошок) + лингосульфат + вода перемешать 7-8 мин	-150	0,35 – 0,45	4,5 – 5,5
Облицовочная жидкостеклянная №6	Песок + глина перемешать 2 мин. + жидкое стекло, перемешать 7-8 мин.	-	-	-
Наполнительная №7	Отработанная смесь + лингосульфат + суспензия + вода перемешать 7-8 мин.	-100	0,4 – 0,55	5,0 – 6,0

Приготовление формовочной смеси осуществляется в следующем порядке: сначала осуществляется процесс по подготовке формовочных материалов, а затем уже идет приготовление самой смеси.

Процесс подготовки сыпучих компонентов заключается в следующем:

- песок - выгружается на склад, затем проходит сушку и при помощи элеватора перекачивается в бункер для сухого песка, откуда с помощью ленточного транспортера попадает в бункер над смешивающими бегунами;
- глина - привозится готовая промолотая и сухая глина, выгружается в специальный бак;
- отработанная смесь проходит регенерацию, после чего с помощью ленточного транспортера попадает в бункер над смешивающими бегунами.

Подготовка жидких компонентов заключается в следующем:

- лингосульфатат - завозится цистернами, через резиновый рукав перекачивается в цеховую емкость и проверяется на плотность;
- жидкое стекло - используется привозное, проверяется на плотность;
- глинистая суспензия - готовится рабочими вручную (используемые вещества дозируются ведрами и перемешиваются в специальной емкости рабочими) по мере ее необходимости.

Приготовление смеси осуществляется последовательно, также в определенной последовательности рабочим включается необходимое оборудование.

Схема приготовления смеси заключается в следующем: сыпучий материал - сухой песок и отработанная смесь, попадает по транспортеру в бункер над смешивающими бегунами. Затем рабочим вручную открыв челюстные затвор, насыпается необходимая доза этих веществ в смеситель, а глина из бака с помощью ведра. Жидкие компоненты - вода, лингосульфатат, жидкое стекло, глинистая суспензия добавляются по мере надобности в смеситель рабочим с помощью ведра.

В зависимости, от того какая готовится смесь, рабочий дозирует необходимые компоненты и включает и выключает на необходимое время смеситель, для смешивания компонентов. Время смешивания рабочий контролирует по наручным часам. Затем при помощи пробозаборника рабочим берется формовочная смесь на пробу, затем относится в земельную лабораторию на проверку физико-механических свойств. При получении удовлетворительных результатов, открыв выпускное отверстие в бегуне, находящееся внизу, выгружается на включенный ленточный транспортер и направляется в бункера над формовочными машинами.

### 2.3 Аналитический обзор объектов и способов автоматизации смесеприготовительных систем

Автоматизация приготовления формовочных смесей в первую очередь нацелена на стабилизацию их состава в соответствии с заданными технологическими характеристиками. Эта цель достигается автоматическим дозированием компонентов. Попутно решаются задачи управления складированием материалов и про-

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

цессами их транспортировки. Находят применение САР и АСУ ТП. А также может производиться оптимизация состава смесей, что особенно актуально в условиях изменения свойств исходных материалов или при переходе к новым процессам формообразования (с помощью САПР). Основными направлениями автоматизации смесеприготовительных систем являются следующие.

Автоматическое управление средствами транспортировки сыпучих материалов, которое опирается при конвейерном транспорте на следующие источники информации: контроль наличия материалов на лентах транспортеров; контроль за состоянием транспортерных лент, установление случаев их смещения, пробуксовывания, обрыва и измерение расходов материалов.

При пневмотранспорте такими источниками информации являются контроль давления и расхода сжатого воздуха; контроль подачи материалов в загрузочный бункер пневмокамерного насоса и контроль расхода аэросмеси методами.

Сигналом начала подачи материала со склада на участок смесеприготовления является достижение нижнего предельного значения уровня материала в промежуточном или расходном бункере (при независимом снабжении последних) или отклонении от верхнего допустимого уровня (при принудительном снабжении).

Адресование приемника материала, например, намеченного к загрузке бункера эстакады бункеров, при конвейерном транспорте осуществляется с помощью плужков, а при пневмотранспорте — посредством специальных стрелок в системе трубопроводов. Перемещение, как плужков, так и стрелок обычно производится пневмоцилиндрами.

Наиболее совершенные системы управления транспортом материалов и раздачей их по бункерам строятся на базе АСУ ТП.

Дозирование компонентов, для отмеривания дискретных доз жидких и сыпучих компонентов в процессах смесеприготовления применяется множество различных типов дозаторов (рисунок 2.1). К ним предъявляются такие требования, как точность, стабильность характеристик, надежность в эксплуатации, герметичность, простота управления, возможность оперативного изменения заданного значения дозы. Последнее требование приобретает особую актуальность в условиях перехода к гибкому автоматизированному производству в литейных цехах.

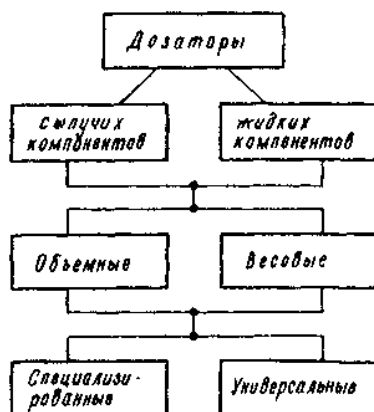


Рисунок 2.1 - Классификация дозаторов



Как объемное, так и весовое дозирование жидких и сыпучих компонентов формовочных смесей может быть осуществлено в следующих вариантах:

а) по непосредственному отмериванию заданного объема вещества с помощью емкости постоянного объема (иногда по уровню дозируемого вещества в ней) или, наоборот, — заданной массы дозы, взвешиваемой с помощью автоматических весов;

б) по времени работы питателя сыпучего материала или времени истечения жидкости (под собственным гидростатическим напором, а также при подаче насосом, например шестеренного типа);

в) по интегрированию объемного или массового расхода жидкости или сыпучего материала.

Использование систем дискретного и непрерывного действия. В зависимости от вида смесителя различают системы дискретного и непрерывного действия.

Контроль и регулирование степени увлажнения формовочной смеси. Были разработаны две системы регулирования влажности: система конечного состояния (СКС) и система предварительной калькуляции (СПК).

По системе СКС влажность замеса доводится до заданной по датчику, непрерывно следящему за влажностью замеса в чаше смесителя. При этом вода в чашу подается по двум трубам — одной большого и второй малого диаметра. Сначала при увлажнении замеса работают обе трубы. Влажность замеса быстро возрастает. В момент, когда эта влажность, измеряемая датчиком, приблизится к заданному для смеси значению влажности на некоторую небольшую, заранее установленную величину, труба большого диаметра автоматически перекрывается, и продолжает работать только одна труба малого диаметра, через которую в смеситель будет подаваться уже только одна маленькая струйка воды. Подача воды автоматически прекращается, когда влажность замеса по информации от датчика станет равной заданной.

Система регулирования СПК заключается в контроле влажности и температуры дозы обработанной смеси в дозаторе, приготовленной для очередного замеса, и в автоматическом отмеривании необходимой для попадания в анализ дозы воды в специальный бачок, который потом, при приготовлении этого очередного замеса, опорожняется в чашу смесителя по команде автоматики, программирующей цикл.

Контроль физико-механических свойств смеси. Вместо регулирования влажности смесей в последнее время четко определились новые направления автоматизации процессов смесеприготовления, в которых в качестве сигналов обратной связи используются показатели физико-механических свойств смеси: формуемость, прочность, плотность, текучесть и др.

Системы автоматического регулирования формуемости основаны на оперативном контроле значения формуемости. Полученный с помощью автоматических испытателей смеси сигнал обратной связи может быть эффективно использован для коррекции не только степени увлажнения смеси, но и для оперативного изменения рецептуры набора сыпучих компонентов при отклонении показателей

свойств смеси от их заданных значений, например, для увеличения подачи активной глины.

Для централизованного управления технологическим оборудованием и транспортными средствами на участках смесеприготовления выпускается комплекс технических средств, обеспечивающий контроль состояния оборудования и уровней материалов в бункерах, учет расхода смеси в ветвях смесеприготовления, автоматический пуск и останов оборудования, аварийное автоматическое отключение технологического оборудования и транспорта по заданной программе, дистанционное управление оборудованием.

В серийном производстве находится ряд технологических комплексов смесеприготовления, представляющих собой смеситель в сочетании с комплектом средств механизации и устройствами, автоматизирующими процесс приготовления формовочной. Электрооборудование бегунов обеспечивает работу по заданной циклограмме. Производительность зависит от длительности рабочего цикла.

## 2.4 Проектируемая технология и направление совершенствования

В выпускной квалификационной работе предложен вариант комплексной автоматизации смесеприготовительного участка на Усть-Катавском вагоностроительном заводе цеха №18, который позволит повысить производительность труда, снизить расходы материалов, а также освободить рабочих от тяжелой и вредной работы в условиях литейного цеха. Кроме того, контроль масс дозируемых материалов дает возможность вести учет их расхода, что облегчает определение технико-экономических показателей работы литейного цеха.

Сложность этого процесса заключается в следующем: развернувшаяся за последние годы работа по автоматизации многообразных управляемых технологических процессов во всех отраслях промышленности способствовала созданию большого количества различных средств автоматического управления.

С одной стороны, это привело к тому, что сейчас почти нет таких управляемых технологических процессов, которые нельзя было бы автоматизировать имеющимися средствами. С другой стороны, это значительно осложнило автоматизацию ряда процессов и в том числе процессов смесеприготовления.

Дело в том, что при большом разнообразии средств автоматики и вспомогательных устройств один и тот же технологический процесс может быть автоматизирован различными методами и средствами.

В данной выпускной квалификационной работе были найдены недостатки существующей смесеприготовительной установки и предложены следующие решения по ее автоматизации.

Во-первых, существующая установка снабжена только бункерами для подачи песка и отработанной смеси в смеситель. А все остальные компоненты подаются в смеситель рабочим вручную, с помощью ведра. Для решения этой проблемы был спроектирован бункер для подачи глины и баков для подачи жидких компонентов.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Во-вторых, отсутствует автоматический контроль за уровнем материалов в промежуточных бункерах. Для ликвидации этого недостатка была разработана автоматическая система раздачи по бункерам с помощью установки датчиков уровня.

В-третьих, недостаток существующей установки в ручном дозирование компонентов. В результате чего изготавливаются смеси с непостоянными свойствами. Дозирование производится на глаз или с помощью ведра. Поэтому необходима установка дозаторов, как для жидких, так и для сыпучих компонентов.

В-четвертых, неавтоматизированное управление смесителя. Для решения этой проблемы была разработана автоматическая схема работы смесителя.

В-пятых, контроль за качеством формовочной смеси осуществляется вручную. При помощи пробозаборника рабочим берется формовочная смесь на пробу, затем относится в земельную лабораторию на проверку физико-механических свойств или производится визуально. В результате чего на приготовление смеси уходит большое количество времени а, также смесь характеризуется непостоянным составом, что может привести к браку отливок. Для ликвидации этого недостатка была разработана автоматическая система контроля за состоянием компонентов и конечного состояния смеси [9].

#### Выводы по части два

В данной части ВКР были рассмотрены вопросы смесеприготовления, описаны технологический процесс получения формовочной смеси и характеристика литейных материалов. Представлены требования к процессу смесеприготовления, описаны конструкция и работа существующей на ФГУП УКВЗ установки. Произведен анализ объектов и способы автоматизации смесеприготовительных систем, выделены основные цели и направления автоматизации. Выявлены недостатки существующей технологии и обозначены направления по ее совершенствованию.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Установка. Назначение установки

В данной выпускной квалификационной работе была автоматизирована установка для приготовления формовочной смеси. В качестве установки была взята установка для приготовления смеси в цехе №18.

Данная установка представляет собой комплекс машин, транспортеров и устройств для переработки исходных формовочных материалов, получения на их основе необходимых смесей и передачи этих смесей к местам изготовления форм (рисунок 3.1).

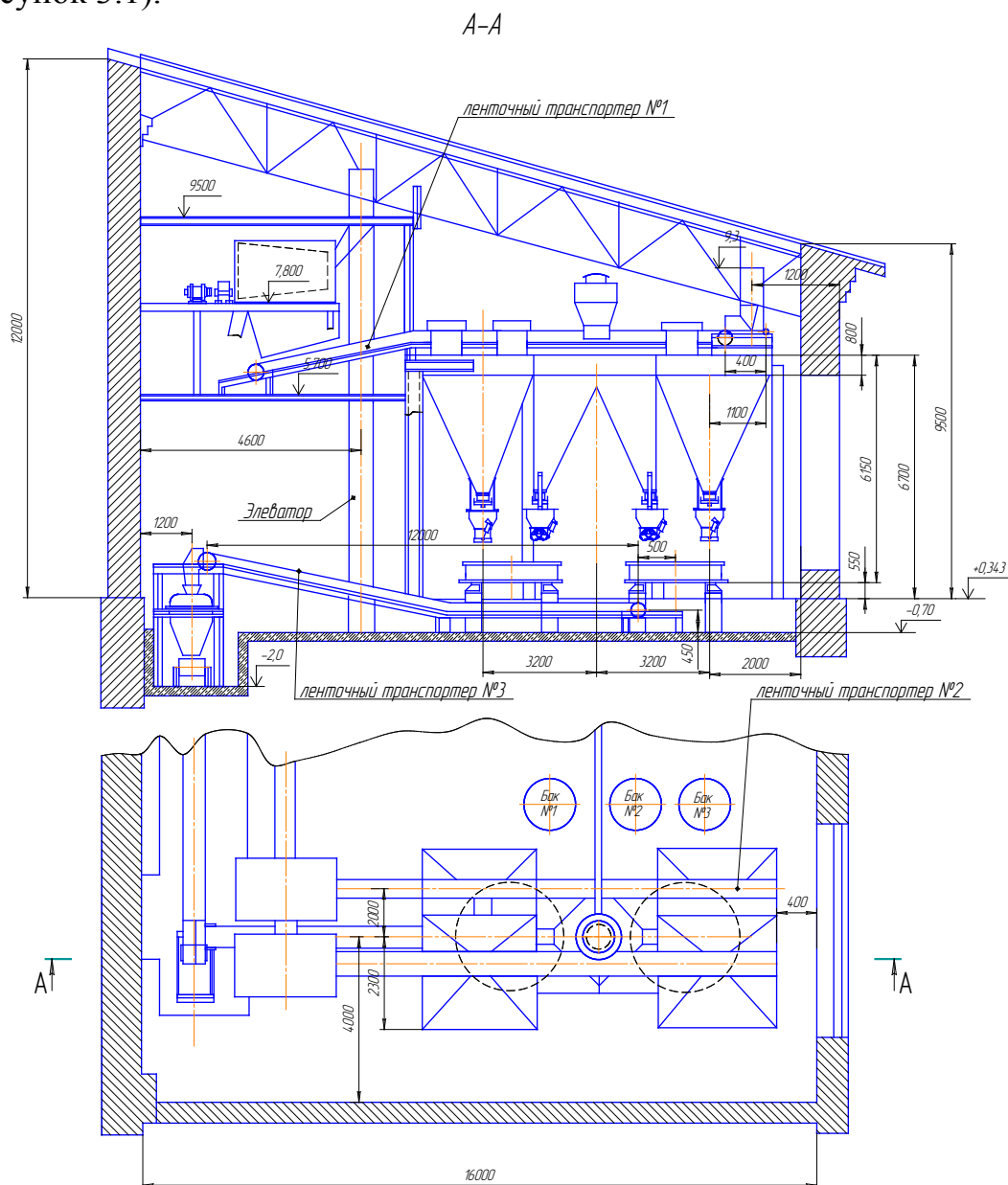


Рисунок 3.1 – Установка для приготовления формовочной смеси

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ

Лист

30

### 3.2 Описание конструкции установки для приготовления формовочной смеси

Данная установка состоит из комплекса транспортерных лент, элеватора, промежуточных бункеров, баков для подачи жидких компонентов, питателей, дозаторов с челюстными затворами, смесителей непрерывного действия, комплекса датчиков.

Сыпучий материал из склада формовочных материалов подается в промежуточные бункера. Песок поднимается элеватором и засыпается в бак, затем выгружается на ленточный транспортер №2 и по нему с помощью плужкового сбрасывателя подается в бункер для песка. Отработанная смесь после регенерации ленточным транспортером №1 подается в специально отведенный бункер. Глина транспортируется пневмотранспортом с помощью нагнетательной установки. Жидкие компоненты вмещаются в баки: в баке №1 находится лингосульфат, в баке №2 - глинистая суспензия, в баке №3 - жидкое стекло. Из бункеров материал питателя загружается в весовой бункер, откуда после набора заданной дозы выдается челюстным затвором в смеситель. Жидкая композиция по трубопроводам из расходных баков подается в тот же смеситель. После завершения цикла смесеприготовления формовочная смесь выгружается на ленточный транспортер №3 с помощью разгрузочного люка смесителя и транспортируется в специальную емкость. Откуда ленточным транспортером подается к формовочным машинам.

### 3.3 Описание работы установки

На рисунке 3.2 показана схема автоматизации смесеприготовительной системы.

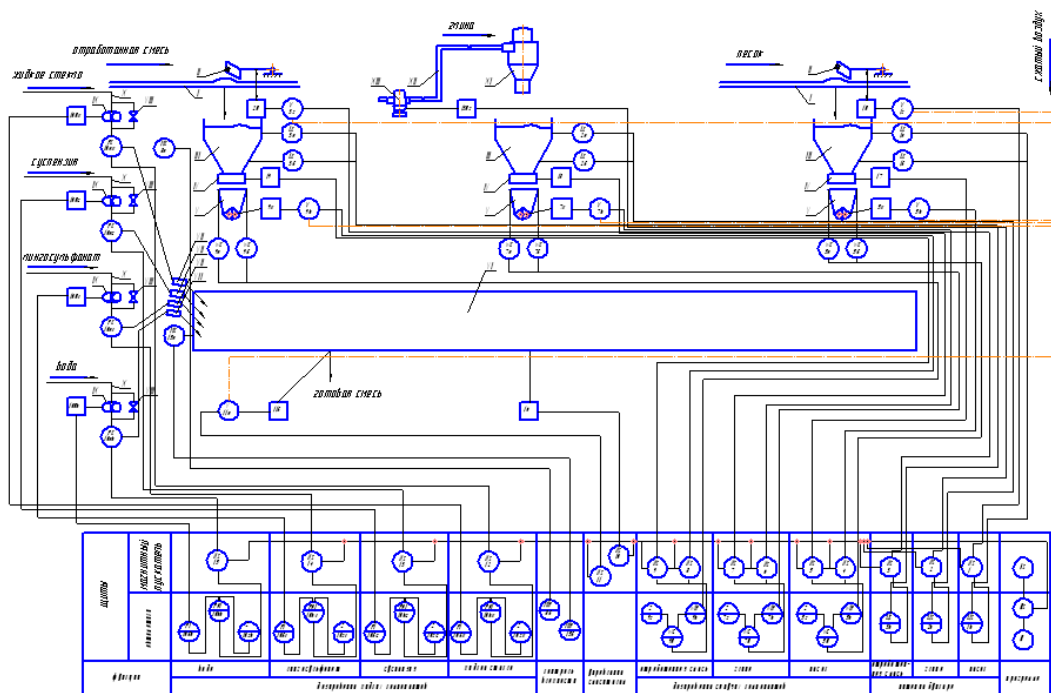


Рисунок 3.2 – Схема автоматизации формовочной установки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ

Лист

31

Принцип работы установки для приготовления смеси заключается в следующем, песок из склада формовочных материалов подается по транспортерам 1, оборудованным плужковыми сбрасывателями 2 над бункерами 3. Из бункеров песок питателями 4 загружается в весовые бункера 5, откуда после набора заданной дозы выдается в смеситель 6. Глина транспортируется с помощью нагнетательной установки. Жидкая композиция по трубопроводам 10 из расходных баков подается в тот же смеситель с помощью шестеренного насоса 9, снабженного байпасным клапаном 8 для установления требуемого диапазона производительности насоса и компенсации гидравлических ударов. На сливном конце трубопровода над смесителем установлены пружинные клапаны 7 отсечки прямого действия. Последний закрывает канал трубопровода после остановки насоса (падения давления жидкости) и предотвращает ее утечку смесителя.

В бункерах установлены кондуктометрические датчики 1а-1б, 2а-2б, 3а-3б уровня (соответственно верхнего и нижнего), подключенные к входам модуля сопряжения входных устройств программируемого логического контроллера 1в, 2в, 3в. При достижении нижнего допустимого уровня песка контроллер через магнитный пускатель 1, 3 включает электропневматические клапаны 1г, 3г, пневмоцилиндров 1д, 3д плужковых сбрасывателей и происходит наполнение бункеров с песком. При достижении нижнего допустимого уровня глины контроллер через магнитный пускатель подает питание на электропривод компрессора 13 нагнетательной установки, при этом глина по трубопроводу 12 поступает в циклон 11, осаждается и подается в бункер. С достижением верхнего допустимого уровня контроллер через модуль сопряжения выходных устройств 1в, 2в, 3в выдает команду на прекращение питания бункеров материалами.

Предусмотрен автоматический контроль влажности отработанной смеси в бункере. Для этого в нем установлен нейтронный датчик 8а, подключенный к влагомеру 8б. Система автоматического управления собственно процессом смеси-приготовления работает следующим образом. В начале технологического цикла с помощью панели управления Н устанавливается требуемый режим работы, от командного прибора (программируемого логического контроллера) КS. Тогда в соответствии с принятой программой осуществляется цикл операций во времени. Включением магнитного пускателя 10 приводят в движение рабочий орган (катки) смесителя, вращаемый двигателем 16; через магнитные пускатели 5, 7, 9 включаются приводы 17, 18, 19 тарельчатых питателей. Масса материала, поступающего из бункеров в весовые воронки дозаторов, измеряется с помощью тензодатчиков 5а-5б, 7а-7б, 9а-9б с передачей электрического сигнала на входы модуля сопряжения 5в, 7в, 9в. Заданная масса дозы сыпучих материалов устанавливается с помощью выбранной программы. При достижении заданной массы дозы ПЛК 50, 70, 90 останавливают питатели, после чего магнитными пускателями 4, 6, 8 с помощью электропневматических клапанов 5е, 7е, 9е и пневмоцилиндров 5ж, 7ж, 9ж открываются затворы дозаторов, и сыпучий материал поступает в смеситель. Начинается операция «сухого» перемешивания до достижения заданной выдержки времени.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Затем производится дозирование жидкой композиции. Магнитный пускатели 12, 13, 14, 15 включают электроприводы 10дж; 10дс, 10дл, 10дв шестеренных насосов подачи жидкости, расход которой измеряется с помощью датчиков 10аж, 10ас, 10ал, 10ав индукционного расходомера ИР-51. Сигнал датчика передается на входы модуля сопряжения 10бж; 10бс, 10бл, 10бв и интегрируется по времени. Заданное значение дозы жидкости устанавливается на панели 10гж; 10гс, 10гл, 10гв. С отсчетом заданной дозы контроллер отключает привод насоса.

В течение заданного интервала времени производится «мокрое» перемешивание.

После завершения программы цикла смесеприготовления включается магнитный пускатель 11, срабатывает электропневматический клапан 11а, и пневмоцилиндр 11б открывает разгрузочный люк смесителя для выдачи приготовленной порции смеси на участок формообразования. Система управления готова к повторению технологических циклов смесеприготовления любое требуемое количество раз. Работа второго смесителя аналогична [13].

### 3.4 Расчет основных элементов

#### 3.4.1 Проектирование системы транспортировки глины в бункер

Транспортирование молотой сухой глины с помощью средств механического транспорта является неудобным из-за сильного пыления материала. Поэтому здесь следует применять пневматический транспорт.

При пневматическом транспортировании материал особыми загрузочными приспособлениями вводится в трубопровод, по которому с большой скоростью движется воздух. Воздух увлекает собой материал и транспортирует его по трубе до места разгрузки, где он осаждается в приемных устройствах. Основными преимуществами пневматического транспорта являются, отсутствие пыли в помещении, простота самой установки ее обслуживание, возможность передача материала на большие расстояния.

Транспортирование глины осуществляется за счет нагнетательной системы пневмотранспорта, которая осуществляется путем импульсной подачи. Схема нагнетательной установки пневмотранспорта изображена на рисунке 3.3.

Принцип работы этой установки заключается в следующем: необходимая скорость воздуха в трубопроводе создается за счет нагнетания его в трубопровод извне с помощью компрессора. Материал, подлежащий транспортированию, вводится в трубопровод через особое загрузочное приспособление. Компрессор помещается в самом начале трубопровода, по которому материал может из одного места передаваться к нескольким пунктам разгрузки. Давление воздуха в нагнетательной установке составляет от 2—3 до 5—6 ат. В качестве загрузочного приспособления используется звездчатый питатель (рисунок 3.4).

Звездчатый питатель представляет собой барабан с лопатками, вращающийся в кожухе от привода.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

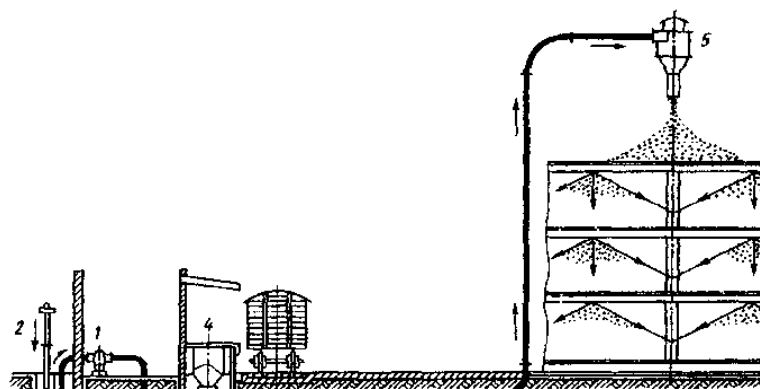


Рисунок 3.3 – Схема нагнетательной установки:  
 1 – компрессор; 2 – всасывающая труба; 3 – трубопровод;  
 4 – питатель циклон; 5 – разгрузочный циклон

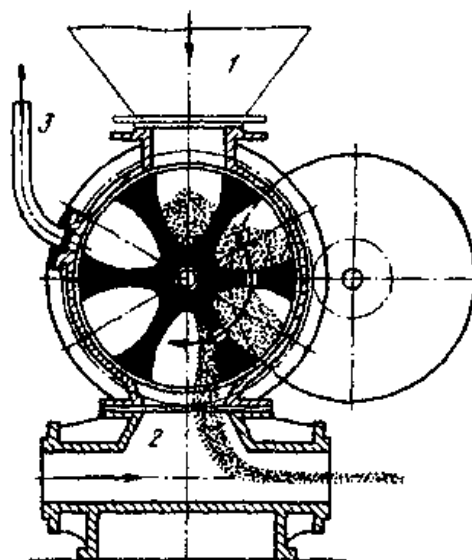


Рисунок 3.4 – Схема загрузочного устройства:  
 1 – бункер; 2 – трубопровод; 3 – отводная труба

Материал высыпается из бункера в пространство между лопатками барабана и передается в трубопровод, где увлекается струей воздуха. Отводная труба, соединенная с атмосферой, служит для снятия избыточного давления в ячейках питателя, возвращающихся от трубопровода к бункеру.

Для разгрузки материала используется циклон (рисунок 3.5).

Циклон представляет собой цилиндрический сосуд, в который по касательной подводится труба. По трубе воздухом транспортируется материал. Вследствие кругообразного движения струи в циклоне частицы материала под действием центробежной силы отклоняются к стенкам циклона. Трение о стенки заставляет материал быстро терять скорость, и под действием силы тяжести он падает в коническую нижнюю часть циклона, откуда и спускается в бункер.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Воздух, освободившийся от частиц материала, выходит наружу через центральную трубу. Эта труба имеет подвижную часть, которую можно устанавливать на разной высоте с целью регулирования осаждения пыли в циклоне.

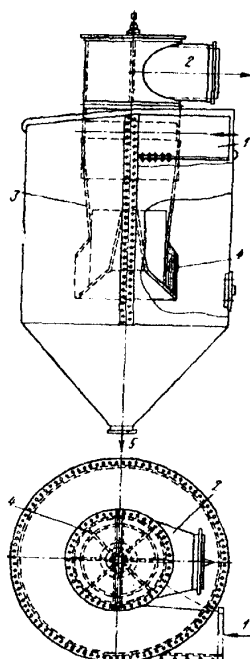


Рисунок 3.5 – Циклон

1 – вход аэросмеси; 2 – выход очищенного воздуха;  
3 – регулирующая труба; 4 – направляющие лопатки; 5 – спуск пыли

### 3.4.2 Расчет бункера для глины

Для раздачи глины используется один общий бункер, расположенный между двумя смесителями, с двумя выходными отверстиями, расположенными над бегунами. Это позволяет сэкономить места производственного помещения. Бункер имеет форму двойной усеченной пирамиды с двумя вертикальными стенками, что позволяет уменьшить зависание материала. Форма бункера для глины изображена на рисунке 3.6.

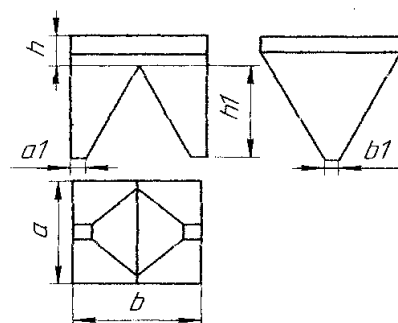


Рисунок 3.6 - Бункер для глины

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ

Лист

35

Рассчитаем объем бункера по формуле (3.1)

$$V=V_1+V_2 \cdot 2. \quad (3.1)$$

Откуда:

$$V_1=a \cdot b \cdot h; \quad (3.2)$$
$$V_1 = \frac{h_1}{3} (a \cdot b + a_1 \cdot b_1 + \sqrt{a \cdot b \cdot a_1 \cdot b_1}).$$

При условии, что бункер имеет следующие параметры:

$$a=3,2 \text{ м};$$

$$b=2,3 \text{ м};$$

$$h=0,8 \text{ м};$$

$$a_1=0,3 \text{ м};$$

$$b_1=0,3 \text{ м};$$

$$h_1=2,3 \text{ м}.$$

Определим объем:

$$V_1=3,2 \cdot 2,3 \cdot 0,8=5,89 \text{ м}^3;$$
$$V_1 = \frac{2,3}{3} (3,2 \cdot 2,3 + 0,3 \cdot 0,3 + \sqrt{3,2 \cdot 2,3 \cdot 0,3 \cdot 0,3}) = 8,69 \text{ м}^3.$$

Тогда общий объем бункера составляет

$$V=5,89+8,07 \cdot 2=20 \text{ м}^3.$$

Что удовлетворяет производственной программе.

Так как бункер имеет вертикальные стенки то зависание материала в нем полностью исключено, что не требует дополнительных расчетов.

Определим давление материала в бункере на горизонтальную площадку по формуле (3.4)

$$p_y=p \cdot y, \quad (3.4)$$

где  $p$  - плотность материала,  $\text{кг/м}^3$  ;

$y$  - глубина погружения площадки от уровня поверхности материала, м.

Давление материала на вертикальные стенки бункера

$$p_x=m \cdot y \cdot p, \quad (3.5)$$

где  $m$  – коэффициент сыпучести откоса материала в покое.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$m=(1-\sin\varphi)/(1-\sin\varphi), \quad (3.6)$$

здесь  $\varphi$  - угол естественного откоса материала в покое.  
 Нормальное давление на наклонную стенку бункера

$$p_H = p_y (\cos^2\alpha \cdot \sin^2\alpha). \quad (3.7)$$

Толщину листа обшивки бункера принимаем равной 6 мм. Материал листов обшивки стали Ст 3, конструкция бункера сварная.

При условии, что  $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$ ;  $y = 3,1 \text{ м}$ ;  $\varphi = 38^\circ$ ;  $\alpha = 62^\circ$ .

Тогда давление на горизонтальную площадку

$$p_y = 1200 \cdot 3,1 = 3720 \text{ Па.}$$

Давление на вертикальной стенке бункера

$$m = (1 - \sin 38) / (1 - \sin 38) = 0,23,$$

$$p_x = 0,23 \cdot 3,1 \cdot 1200 = 855,6 \text{ Па.}$$

Нормальное давление на наклонную стенку бункера

$$p_H = 3720 (\cos^2 62^\circ \cdot \sin^2 62^\circ) = 1488 \text{ Па.}$$

### 3.4.3 Проектирование конструкции бункеров

Конструкция бункеров изображена на рисунке 3.7. Бункеры крепятся на швеллере 3 №20  $l = 4150$  и швеллере 4 №20  $l = 10200$ , которые закреплены на колонне 9, которая крепится к фундаменту болтом 2 и гайкой 1. На конце бункеров закреплены питатели 12 для подачи материалов в дозирующее устройство. Дозирующее устройство приваривается над бункерами и состоит из бункерных весов 11, для отмеривания необходимой дозы материала и челюстного затвора 10, управляемого пневмоцилиндров.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

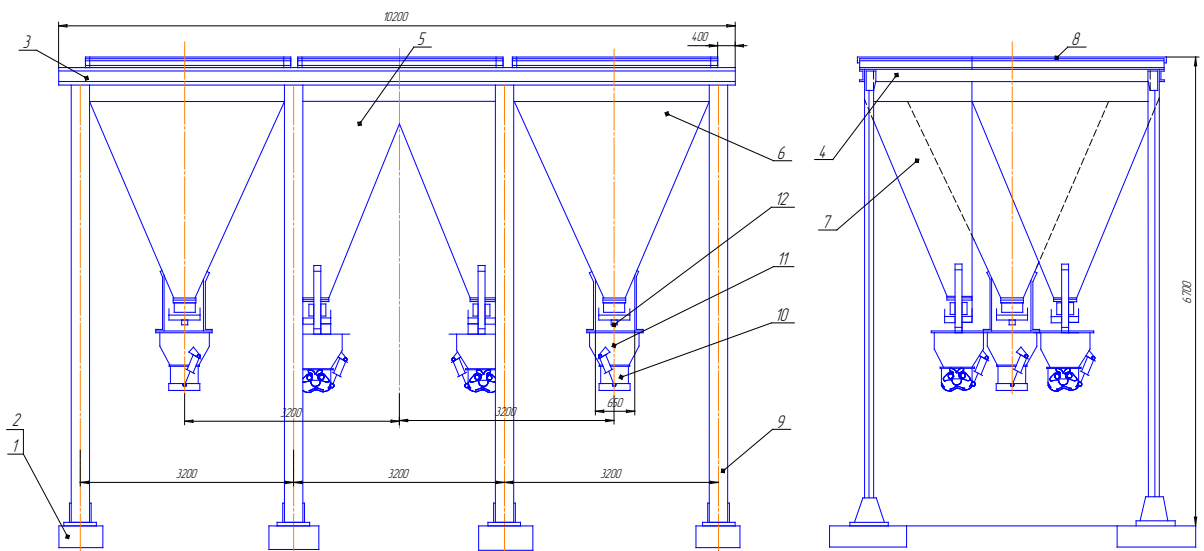


Рисунок 3.7 – Бункера над бегунами

Каждый из бункеров снабжен кондуктометрическим сигнализатором уровня марки СУП-1, схема которого изображена на рисунке 3.8.

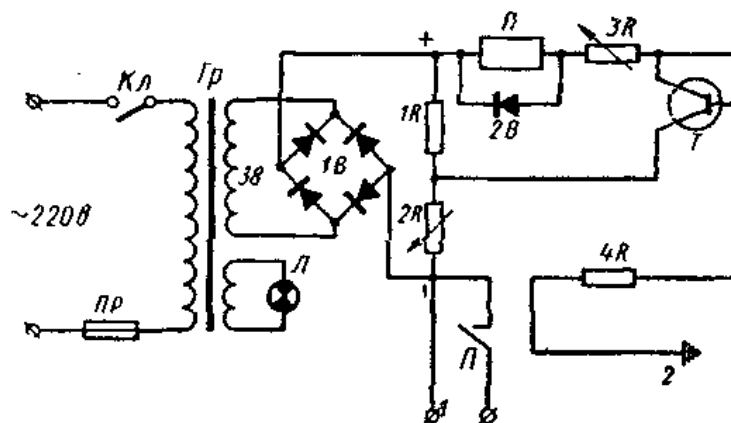


Рисунок 3.8 – Схема сигнализатора уровня СУП-1

В схеме использован кристаллический триод Т (марки П203), работающий в режиме ключа. Цепь питается напряжением 38В + 10% выпрямителя 1В через делитель напряжения 1R - 1000 Ом и = 300 Ом (потенциометр). В состоянии покоя (цепь 1-2 разомкнута) нулевой ток триода (ток реле П марки МКУ-48 на 24В постоянного тока  $R_{обм} = 510 \text{ Ом}$ ) не превышает 1,5 мА, что достигается применением регулировочного сопротивления  $3R \approx 360 \text{ Ом}$ , с которого подается небольшой запирающий положительный потенциал на базу триода. Чувствительным элементом служат хромированные пластинки (рисунок 3.9).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

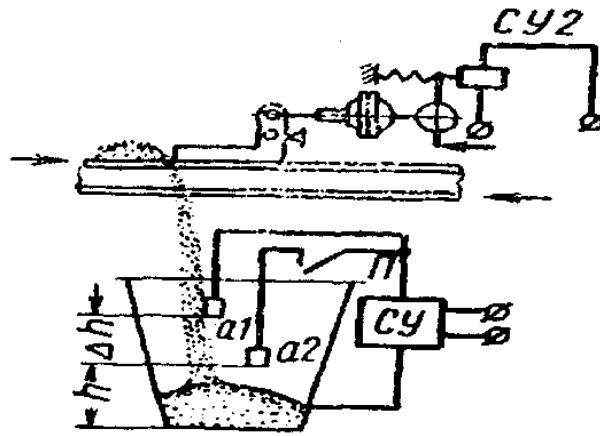


Рисунок 3.9 – Автономная система раздачи

После замыкания цепи 1-2 токопроводящей средой (смесь и ограничивающее сопротивление  $4R=1$  кОм) на базу триода Т подается отрицательный потенциал; триод «открывается» и реле П, в цепи эмиттера, сработает, замыкая блок-контакты П и замыкая или размыкая свои рабочие контакты. При размыкании цепи 1-2 отпирающее отрицательное напряжение с базы триода снимается и триод вновь «запирается».

Работает сигнализатор следующим образом. Когда уровень смеси в бункере ниже пластины a2, сигнализатор не работает и реле П не включено. Положение не изменится, когда смесь засыплет пластину a2, так как блок-контакты П разомкнуты. Когда смесь коснется пластины a1, сигнализатор сработает, т. е. включится реле П и его блок-контакты П замкнутся. Если цепь смесь — пластина a1 временно разомкнется (положим от расхода смеси или включения вибратора), то положение системы не изменится, так как блок-контакты П замкнуты. Внешние контакты реле П в этом случае либо сработают на поднятие отборного плужка. Если смесь из бункера расходуется, то до ее опускания ниже пластины a2 никаких изменений не произойдет. Зато достаточно на очень короткое время уровню смеси опуститься ниже пластины a2, как сейчас же сигнализатор выключится, реле П обесточится и контакты П разомкнутся. При этом сработают внешние контакты реле П на опускание отборного плужка.

#### 3.4.4 Выбор и расчет подающего устройства

Создание надежных дозирующих устройств для систем смесеприготовления неразрывно связано с выбором подающих устройств (питателей), обеспечивающих бесперебойную равномерную подачу дозируемого материала из расходного бункера в грузоприемное устройство дозатора.

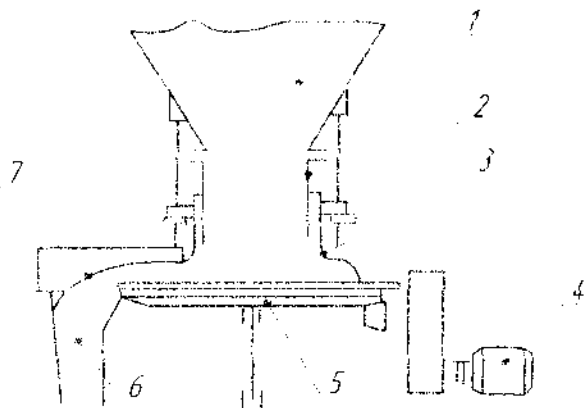


Рисунок 3.10 – Тарельчатый питатель

Для подачи материалов используем тарельчатые питатели. Тарельчатые питатели отличаются простотой конструкции и широким диапазоном регулирования производительности, их широко применяют при дозировании песка, горелой смеси, опилок и других сыпучих материалов.

Рабочим органом тарельчатого питателя (рисунок 3.10) служит диск 5 с вертикальной осью вращения, расположенный под выходным отверстием бункера 1. К горловине бункера крепится неподвижная 2 и подвижная 3 манжеты. Диск 5 приводится во вращение с помощью привода 4, а материал отбирается неподвижным скребком 7, под которым установлена приемная воронка 6.

Производительность тарельчатого питателя рассчитывают по формуле:

$$Q = 1,66 \cdot 10^{-7} \frac{\pi \cdot h^2}{\operatorname{tg} \varphi} \left( R + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \varphi} \right) \gamma n, \quad (3.8)$$

где  $h$  — высота подъема подвижной манжеты, м;

$n$  — частота вращения диска, об/мин;

$\varphi$  — угол естественного откоса материала при его движении, град;

$R$  — радиус подвижной манжеты, м.

Производительность регулируют перемещением подвижной манжеты или изменением частоты вращения диска. В первом случае изменяется высота слоя материала на диске и количество отбираемого скребком материала.

Обычно высоту подъема подвижной манжеты устанавливают в зависимости от сыпучести материала, а производительность регулируют изменением скорости вращения диска.

Изменение динамического угла естественного откоса материала приводит к значительным колебаниям расхода. Для ослабления этого вредного фактора патрубков выполняют с конической нижней частью, угол у основания которой меньше угла естественного откоса. Цилиндрический патрубок с полусегментным вы-

резом и заслонкой или гибкий борт при эксцентричном расположении цилиндрического патрубка с подвижной манжетой также полностью исключают неравномерность выдачи материала от изменения угла естественного откоса [14].

### 3.4.5 Разработка дозирующего устройства

Взвешивание и дозирование литейных материалов связано со значительными трудностями, вызванными специфическими особенностями материалов, а также условиями литейного цеха: запыленность и загазованность, вибрациями, большими температурными перепадами и др. По этой причине для взвешивания и дозирования в условиях литейного цеха требуется создания специального оборудования.

Для взвешивания сухих компонентов используются бункерные весы, состоящая из грузоприемного механизма, двух первичных преобразователей и двух вторичных указательных приборов.

Замкнутый грузоприемный механизм состоит из двух полурам 6 и 10, (рисунок 3.11) соединенных друг с другом посредством плавающей буксы 12. Обе полурамы через шарнирные узлы 5 соединены с основаниями весов, а через шарниры 7 — с установочной рамой 9, на которой крепится бункер 11. Установочная рама вместе с бункером и механизмом 13 открывания днища опирается на чувствительные элементы 8, в качестве которых применены винтовые цилиндрические пружины сжатия. Один конец каждой пружины крепится к площадке установочной рамы бункера, а другой соединен с кронштейнами, закрепленными в железобетонном перекрытии. На этом перекрытии на раме 4 подвешены два механизма балансировки нуля 2, которые имеют первичный преобразователь в привод для вывода сердечника этого преобразователя в нулевое положение. Для увеличения передаточного отношения грузоприемного механизма имеется рычаг 3. Два преобразователя в весах необходимы для получения устойчивых и линейных электрических сигналов о массе при большом изменении массы порций. Для этого сердечник одного из преобразователей крепится непосредственно к установочной раме, а сердечник другого - к рычагу. Возникающие при взвешивании колебания гасятся успокоителем колебаний 1.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

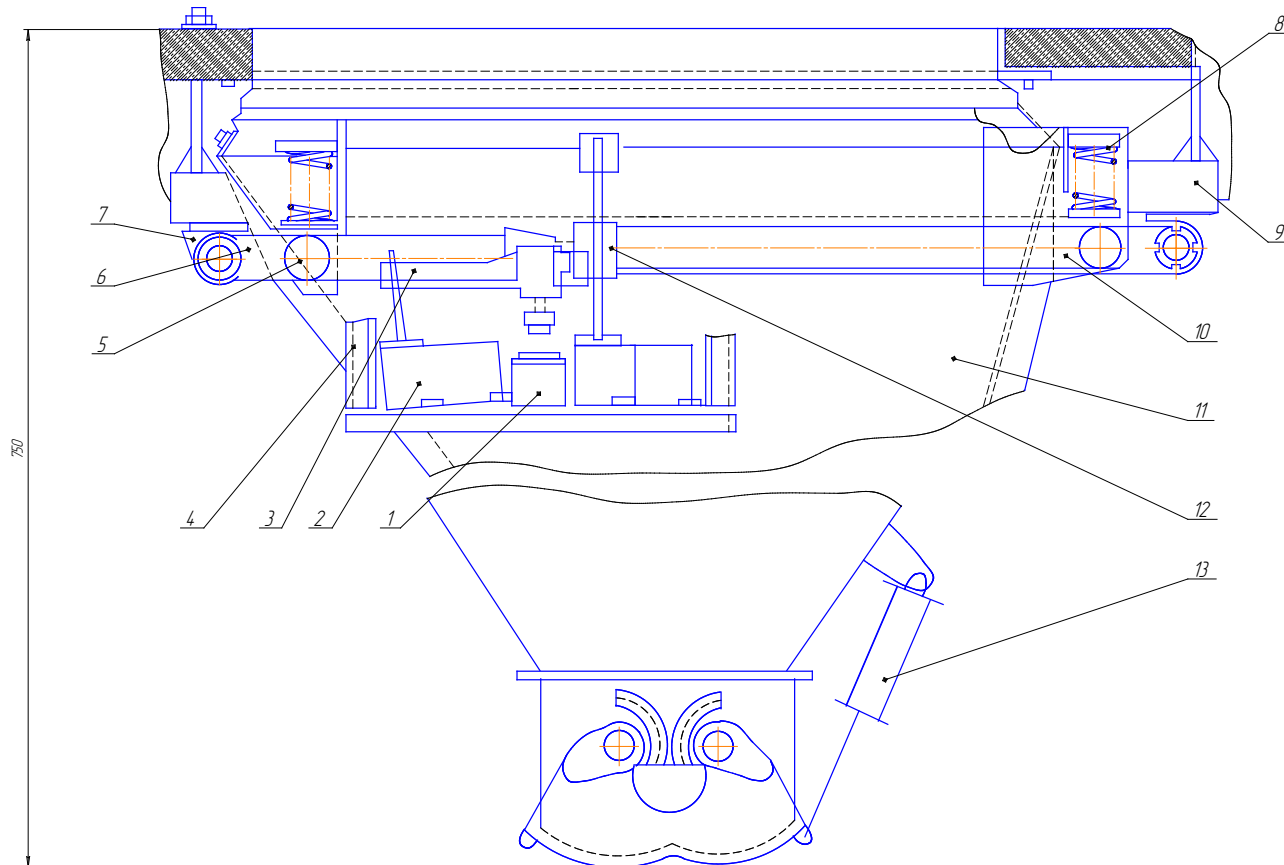


Рисунок 3.11 – Бункерные весы

При работе весов подключается один из механизмов балансировки нуля в зависимости от массы порции материала. Усилие от нагружаемого в бункер весов формовочного материала сжимает весоизмерительные элементы. Благодаря наличию в весах системы шарнирных узлов установочная рама опускается вниз плоскопараллельно на величину, пропорциональную массе порции материала в бункере. При этом сердечник преобразователя перемещается на эту же величину, вызывая пропорциональное по величине напряжение, которое подается на вторичный указательный прибор.

Произведем расчет упругого элемента весового бункера. Этот расчет сводится к подбору типа и количества пружин, а также к проверке на прочность и исследованию их характеристик на линейность в необходимом диапазоне деформаций.

Примем винтовые цилиндрические пружины с витком круглого сечения и углом подъема не более  $10^\circ$ . Нелинейность характеристики винтовой цилиндрической пружины зависит от ее геометрии и возрастает с увеличением прогиба пружины. Пружины из проволоки прямоугольного сечения, в которых длинная сторона сечения расположена вдоль оси пружины, с увеличением деформации имеют меньшую нелинейность, чем пружины из проволоки круглого сечения. Однако ввиду сложности изготовления они не получили распространения во взвешивающих устройствах.

Диаметр проволоки пружины можно определим из выражения

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ					



$$d = \sqrt{\frac{k \cdot Q_{\max} \cdot r}{\tau_p \cdot \xi \cdot n_{\text{П}}}}, \quad (3.9)$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий кривизну проволоки и определяемый по приближенной формуле

$$k = \frac{4 \cdot r + 2}{4 \cdot r - 3}; \quad (3.10)$$

$Q_{\max}$  — общая масса (тары и груза), приведенная к оси УЭ;  
 $r$  — индекс пружины,  $r = D/d$  ( $D$  — начальный диаметр пружины);  
 $\xi$  — коэффициент одновременности работы пружин;  
 $\tau_p$  — рабочее (допустимое) напряжение, составляющее 0,2—0,3 предельного напряжения, соответствующего полному сжатию пружины;  
 $n_{\text{П}}$  — общее количество пружин.  
 Суммарную жесткость  $Z$  пружин находим из условия

$$\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{\xi \cdot n_{\text{П}} \cdot z} \leq \lambda_{\max}, \quad (3.11)$$

где  $Q_{\max}$  — перемещение подвижной части преобразователя, соответствующее линейному участку его характеристики.

Предельную нагрузку на пружину, которая может возникать при ударах, определяем по соотношению

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\max} \frac{\lambda_{\text{пр}}}{\lambda_{\max}}, \quad (3.12)$$

где  $\lambda_{\text{пр}}$  — деформация пружины, соответствующая полному ее сжатию (до смыкания витков).

При наличии механических ограничителей величины  $\lambda_{\text{пр}}$  и  $Q_{\text{пр}}$  будут значительно меньше расчетных. После предварительного расчета пружин следует увеличить их жесткость до значения, при котором суммарная деформация всех пружин, входящих в УЭ от массы материала, соответствующей верхнему пределу шкалы указательного прибора, не превышала бы предела измерения преобразователя.

Пружины по торцам имеют основания, с помощью которых их крепят болтами к подвижной и неподвижной рамам. Нерабочие витки должны быть поджаты и сторцованы, а крепление их с противоположной стороны оснований выполнено с помощью заклепок сваркой. В основаниях делается центрирующее гнездо глубиной не более  $0,8d$  и диаметром на 2-3 мм большим внешнего диаметра пружины.

Упругие элементы (пружины) одного и того же типа необходимо предварительно испытывать и комплектовать по жесткости [11].

### 3.5 Разработка системы подачи жидкой композиции

Все жидкие компоненты необходимые для процесса приготовления располагаются в баках рядом со смесителями. Дозирование и подача жидкой композиции осуществляется следующим образом: магнитный пускатель включает электропривод шестеренного насоса подачи жидкости, расход которой измеряется с помощью датчика индукционного расходомера ИР - 51. Сигнал датчика передается на контроллер и интегрируется по времени. Заданное значение дозы жидкости устанавливается при выборе программы на панели управления. С отчетом заданной дозы контроллер отключает привод насоса.

Шестеренные насосы способны непрерывно подавать под давлением различные жидкости, в том числе радиоактивные, летучие, пожароопасные. Основой механизма шестеренного насоса являются два находящихся в зацеплении зубчатых колеса (рисунок 3.12). Ведущий вал 1, на котором посажено одно из колес 2, соединен с электродвигателем, а ведомый вал 5 со вторым колесом 4 свободно вращается в подшипниках. Механизм насоса установлен в корпусе 3, сверху в снизу которого имеются всасывающий и нагнетательный патрубки.

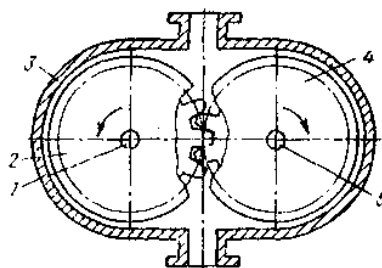


Рисунок 3.12 – Шестеренный насос

Отсутствие клапанов способствует подаче вязких жидкостей, например жидкого стекла, а также различных масел, мазута и др. В зависимости от конструктивных параметров шестеренные насосы имеют подачу от единиц до 100—200 л/ч. Подача регулируется изменением частоты вращения электродвигателя.

Шестеренные насосы отличаются простотой конструкции и небольшими габаритными размерами и обеспечивают подачу различных жидких материалов с колебаниями массового расхода до 5%. Основной причиной этих колебаний являются технологические трудности изготовления точных шестеренных пар. Чем больше перепад давлений в нагнетающей и всасывающей полостях насоса, тем выше колебания подачи вследствие перетекания жидкости из камеры нагнетания в камеру всасывания. В связи с этим при использовании шестеренного насоса в качестве объемного дозатора необходимо применять меры, снижающие вредное

влияние перепада давления (применение сальников, герметизация корпуса посредством сильфона и др.).

Дозатор жидких формовочных материалов (рисунок 3.13) состоит из электромагнитного расходомера, датчик Д которого встраивается в трубопровод с дозируемой жидкостью и электроклапана, перекрывающего трубопровод при отработке заданной порции.

В качестве измерителя расхода применен серийный расход типа ИР-1М, состоящий из датчика ДР и измерительного блока.

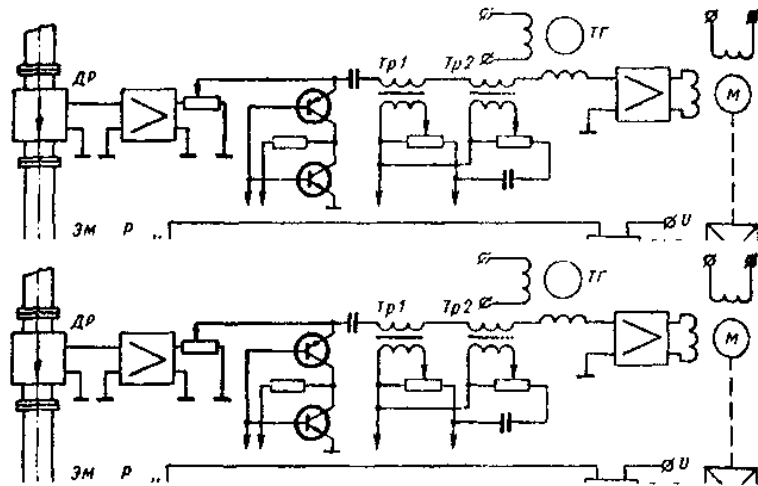


Рисунок 3.13 – Дозатор жидких материалов непрерывного действия

Отсутствие дополнительного сопротивления, вносимого датчиком в трубопровод, независимость показаний от давления, температуры, плотности, вязкости и засоренности жидкости, малая инерционность и отсутствие подвижных и трущихся элементов являются теми основными преимуществами электромагнитных датчиков, которые особо проявляются при измерении расхода жидких формовочных материалов, склонных к налипанию и претерпевающих значительные изменения по температуре, плотности, вязкости и др. Измерительный блок расходомера имеет выход по постоянному току 0—5 мА, обеспечивающий применение аппаратуры ГСП и вторичных измерительных приборов ЭПД, ППР, ПСР и др.

Интегратор расхода состоит из электронного (транзисторного) усилителя с включенными на входе элементами компенсации синфазной и квадратурной составляющих помехи (трансформаторы Тр1 и Тр2 с переменными резисторами и емкостью), двигателя отработки М, тахогенератора ТГ и устройства задания и отработки дозы со шкальными устройствами ШУ1, ШУ2 и ШУ3, счетчиком СЧ и К2 и концевыми выключателями ВК1, ВК2 и ВК3. При отработке заданной дозы срабатывает реле Р, и электромагнит ЭМ перекрывает трубопровод с дозируемой жидкостью.

### 3.6 Выбор системы управления

Управление процессом смесеприготовления осуществляется от программируемого логического контроллера серии MELSEC FX3U. Функциональная схема контроллера MELSEC FX3U изображена на рисунке 3.14.

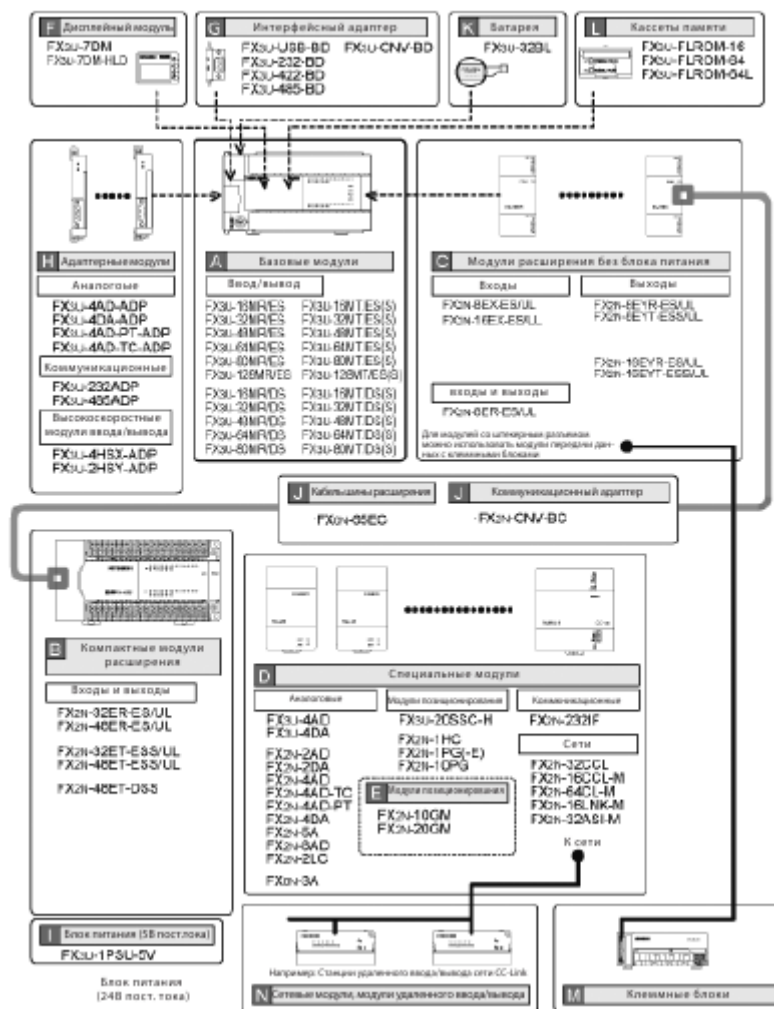


Рисунок 3.14 – Функциональная схема ПЛК MELSEC FX3U

Устройства серии FX3U представляют собой новое мощное дополнение семейства MELSEC FX, объединяющее четыре различных серии компактных программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Контроллеры серии FX3U заполнили пробел между моноблочными и модульными контроллерами в номенклатуре продукции Mitsubishi Electric.

Программируемый контроллер серии FX3U может обеспечивать управление 256 входами и выходами, которые, например, в виде модулей расширения могут подсоединяться непосредственно к базовому модулю. Также, использование сети CC-Link обеспечивает обмен данными и управление 256 входами/выходами. В общей сложности устройства позволяют опрашивать напрямую или по сети до 384 входов и выходов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Справа к базовому модулю серии FX3U можно подключать модули расширения и специальные модули серии FX. Применение дополнительных модулей дискретного ввода/вывода, или, например, модулей аналогового ввода/вывода, сетевых модулей или модулей позиционирования позволяет значительно расширить возможности системы.

Отличительной особенностью продуктов серии FX3U является наличие дополнительного разъема шины расширения с левой стороны базового модуля. Этот разъем позволяет подсоединять к базовому модулю коммуникационные модули, а также модули позиционирования и измерения температуры.

Адаптеры, размещаемые непосредственно в базовом модуле, и, вследствие этого не требующие дополнительного места для установки, обеспечивают поддержку различных интерфейсов, например, RS232, RS485 или USB.

Каждый базовый модуль серии FX3U оснащен запоминающим устройством, рассчитанным на 64 000 программных шагов. Дополнительно, для облегчения перезаписи программы можно использовать кассету памяти Flash EEPROM.

Возможна также запись программы в программную память или ее изменение без отключения работающего контроллера.

В устройствах серии FX3U значительно сокращено время, необходимое для выполнения команд. Так, время обработки одной логической команды составляет всего 0.065 микросекунды. Результатом этого являются более быстрая реакция и более высокая точность выполнения приложения, поскольку сократившееся время выполнения цикла программы позволяет чаще опрашивать входы и выходы.

Набор команд базового модуля FX3U содержит 209 операторов. Кроме уже проверенных в других сериях семейства FX операторов, предлагаются команды обработки данных, включающие новые операторы сравнения и команды для работы со строками символов и числами с плавающей запятой.

Базовый модуль серии FX3U оснащен шестью высокоскоростными счетчиками, способными одновременно обрабатывать сигналы с частотой до 100 кГц. В комбинации с тремя выходами, предназначенными для серий импульсов с частотой до 100 кГц формируется простая 3-осевая система позиционирования, не требующая применения дополнительных модулей. Для обработки более высоких частот до 200кГц можно подключить, дополнительные модули высокоскоростных счетчиков и модули позиционирования.

Новые коммуникационные модули серии FX3U позволяют одновременно использовать до трех последовательных интерфейсов. Это позволяет, например, подключить к одному модулю FX3U несколько панелей управления, или одновременно поддерживать связь с панелью управления, программатором и устройством другого изготовителя.

Разумеется, программируемый контроллер серии FX3U можно также использовать в таких сетях, как AS-Interface, PROFIBUS/DP, CC-Link, DeviceNet, CANopen и ETHERNET.

При помощи адаптера интерфейса RS232 и модема или сети ETHERNET можно также организовать удаленное обслуживание.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ					47

Все базовые модули серии FX3U оснащены встроенными часами с возможностью настройки или считывания данных при помощи команд контроллера.

Шесть входов базового модуля позволяют без сложного программирования регистрировать изменения входного сигнала (включение или выключение) длительностью от 5 мкс. Два других входа регистрируют импульсы длительностью свыше 50 мкс. Эти сигналы могут использоваться для запуска программ обработки прерываний.

Каждый базовый модуль серии MELSEC FX3U состоит из блока питания, центрального процессора, элементов памяти, а также схем входа и выхода. Благодаря этому даже один базовый модуль может обеспечивать функции управления. С другой стороны, система управления на базе контроллеров должна всегда включать в себя базовый модуль.

Компактные модули расширения имеют 16 или 24 дискретных входа или выхода, и оснащены собственным блоком питания. Встроенный сервисный источник питания устройств с питанием от переменного напряжения можно использовать для электроснабжения внешних устройств.

Блок питания FX3U-1PSU-5V обеспечивает дополнительное питание модулей расширения.

Графические панели оператора серии E1000 и GOT1000 полностью совместимы с базовыми модулями серии MELSEC FX3U.

На рисунке 3.15 представлены различные возможности подключения персонального компьютера к базовому модулю серии MELSEC FX3U. Программное обеспечение, предназначенное для FX3U обеспечивает обмен данными между ПЛК и персональным компьютером со скоростью до 115,2 кбит/с.

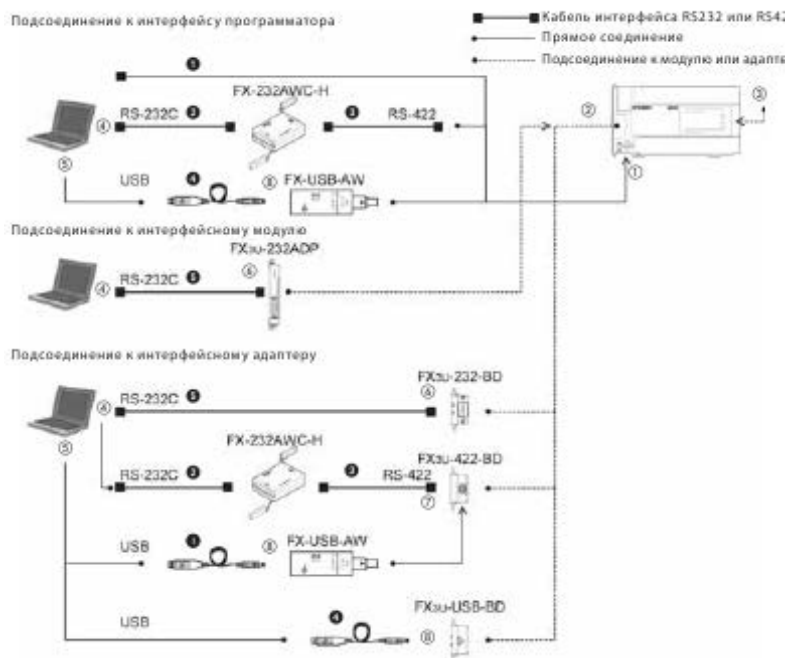


Рисунок 3.15 – Варианты подключения программатора

### 3.6.1 Описание алгоритма управляющей программы

Программа управления процессом смесеприготовления работает следующим образом. В начале технологического цикла с помощью панели управления оператором выбирается марка смеси. В соответствии с выбранной маркой из базы данных параметров цикла выбираются масса сыпучих веществ и объем жидких компонентов. Определяются задержки времени при «сухом» и «мокроем» перемешивании. Тогда в соответствии с принятой программой осуществляется цикл операций во времени. Включением магнитного пускателя приводится в движение рабочий орган (катки) смесителя, включаются приводы тарельчатых питателей. Масса материала, поступающего из бункеров в весовые воронки дозаторов, происходит цикл опроса датчиков дозаторов. При достижении заданной массы дозы останавливаются питатели, после чего магнитными пускателями с помощью электропневматических клапанов и пневмоцилиндров открываются затворы дозаторов. Начинается операция «сухого» перемешивания до достижения заданной выдержки времени.

Затем производится дозирование жидкой композиции. Магнитные пускатели включают электроприводы шестеренных насосов подачи жидкости. Значение расхода поступает через цикл опроса с датчиков и интегрируется по времени. С отсчетом заданной дозы контроллер отключает привод насоса.

В течение заданного интервала времени производится «мокрое» перемешивание.

После завершения программы цикла смесеприготовления включается магнитный пускатель, срабатывает электропневматический клапан, и пневмоцилиндр открывает разгрузочный люк смесителя для выдачи приготовленной порции смеси на участок формообразования. Система управления готова к повторению технологических циклов смесеприготовления любое требуемое количество раз [10].

### 3.7 Проектирование смешивающих бегунов

Пусть необходимо спроектировать бегуны с вертикальными катками для работы в автоматическом режиме для приготовления единой формовочной смеси. Объем замеса  $1 \text{ м}^3$ . При приготовлении формовочной смеси используются освежающие добавки пяти типов: песок, глина, лингосульфат, жидкое стекло, суспензия, вода. Исходная отработанная формовочная смесь имеет прочность на сжатие  $\sigma = 0,35 \cdot 10 \text{ н/м}^2$  ( $0,35 \text{ кгс/см}^2$ ) при влажности 3%. В процессе приготовления прочность формовочной смеси возрастает до  $0,5 \text{ н/м}^2$  ( $0,65 \text{ кгс/см}^2$ ), а влажность — до 5%.

Из опыта работы заводов принят следующий режим приготовления формовочной смеси: загрузка отработанной формовочной смеси, загрузка сухих добавок, «сухое» перемешивание в течение  $t_3 = 60 \text{ сек}$  (от начала загрузки), добавка эмульсии и воды в течение 20—30 сек. перемещение в течение  $t_4 = 150 \text{ сек}$  (от начала подачи эмульсии), выгрузка в течение  $t_2 = 60 \text{ сек}$ .

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Требуется выбрать тип привода, мощность двигателя и составить схему управления смесителем, в которой необходимо предусмотреть возможность автоматической и ручного управления.

Для программирования базового модуля FX3U предлагаю использовать программное обеспечение для программирования GX Developer версии 8.23Z и выше.

### 3.7.1 Выбор типа привода

Главный привод бегунов. Движение рабочих органов смесителя — непрерывное кругов с постоянной скоростью. Особых требований в отношении стабильность скорости вращения не ставится. Поэтому наиболее целесообразным является электрический привод с асинхронным двигателем. Вертикальный вал с рабочими органами смесителя имеет относительно невысокую скорость вращения ( $n_B = 30$  об/мин). Асинхронные двигатели на такие скорости вращения промышленность не выпускает. Поэтому принимаем следующую структуру силовой части привода смесителя: двигатель 3 — промежуточный механизм (редуктор 4) - вертикальный вал 2 с рабочими органами (рисунок 3.16).

Для выбора мощности двигателя главного привода смесителя составим нагрузочный график (рисунок 3.15). Обычно бегуны загружаются после пуска и полного разгона двигателя. Поэтому первый участок нагрузочного графика должен соответствовать пуску смесителя. Время этого периода до выбора двигателя определить (рисунок 3.16). Нагрузочные графики двигателя нельзя. Однако при выборе бегунов мощности двигателя его можно не учитывать, так как двигатель бегунов работает в длительном режиме.

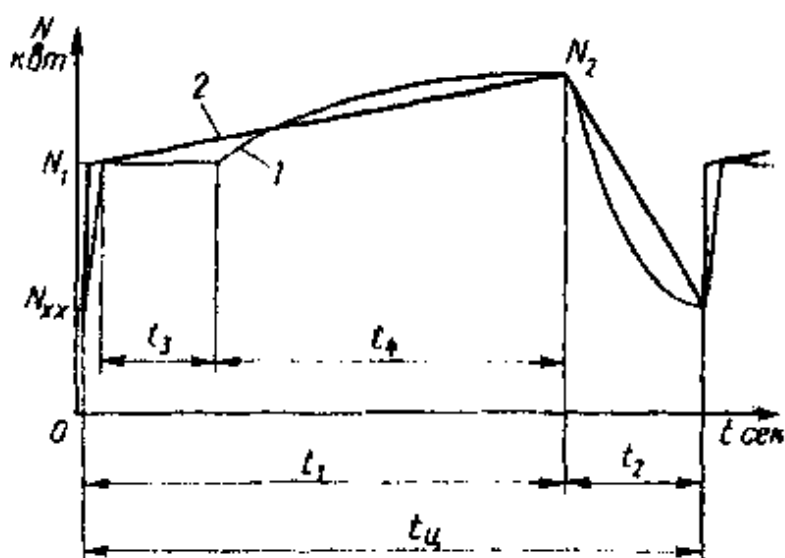


Рисунок 3.16 – Нагрузочные графики двигателя бегунов

Момент сил сопротивления при холостом пуске смесителя обусловлен только силами трения в его механизмах. Рассчитать момент сил сопротивления (мощность холостого хода  $N_{xx}$ ) можно методами деталей машин на стадии техническо-



го и рабочего проектирования. Когда будет полностью определена вся конструкция смесителя. Однако мощность холостого хода  $N_{xx}$  смесителя также сильно зависит от тщательности изготовления, регулировки и смазки его механизмов, вследствие чего расчетное значение мощности  $N_{xx}$  может значительно отличаться от фактического. Поэтому мощность холостого хода смесителя  $N_{xx}$  выбирают по опыту эксплуатации существующих смесителей. По данным работы можно принять  $N_{xx} = 2,5$  квт.

Время загрузки отмеренных порций отработанной формовочной смеси и сухого песка не превышает 5 сек. Приблизительно можно считать, что мощность, потребляемая смесителем, за это время возрастает линейно. Можно также принять, что за время «сухого перемешивания (после загрузки материалов) мощность  $N_1$  потребляемая смесителем, остается постоянной, так как количество смеси в смесителе и ее прочность и влажность остаются неизменными. С началом подачи эмульсии и воды в смеситель начинается увеличение прочности формовочной смеси. Мощность, потребляемая смесителем, за время перемешивания  $t_2$  нарастает по закону, близкому к экспоненциальному, до  $N_2$ .

За время выпуска готовой формовочной смеси  $t_2$  мощность, потребляемая смесителем, уменьшается от  $N_2$  до  $N$ .

Повторная загрузка смесителя проводится сразу же по окончании выгрузки без его остановки, т. е. время на разгон двигателя не требуется, далее цикл работы смесителя повторяется [16].

Для расчета эквивалентной мощности полученный нагрузочный график электродвигателя (линия 1 рисунок 3.15) упростим. Так как точные математические зависимости мощности от времени на участках  $t_4$  и  $t_2$  неизвестны, а время загрузки сухих материалов мало по сравнению с временем цикла  $t_{ц}$ , то условно будем считать, что за время перемешивания  $t_1$  включая время загрузки, мощность, потребляемая смесителем, линейно возрастает от  $N_1$  до  $N_2$ , а за время разгрузки  $t_2$  уменьшается от  $N_2$  до  $N_{xx}$  (прямые 2, рисунок 3.15), т. е. при  $0 \leq t \leq t_1$

$$N = N_1 + \frac{N_2 - N_1}{t_1} t, \quad (3.13)$$

при  $t_1 \leq t \leq t_{ц}$

$$N = N_2 - \frac{N_2 - N_{xx}}{t_2} (t - t_1). \quad (3.14)$$

Мощности  $N_1$  и  $N_2$  нагрузочного графика найдем из известного соотношения

$$N = N_{xx} + [v_{ckf} + (\mu_{плk} + \eta_{кач}\lambda)m] \frac{1}{1 - \beta_{пот}}, \quad (3.15)$$

где  $f$  – коэффициент скольжения катка по смеси;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						51

$k$  и  $\lambda$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств формовочной смеси;

$m$  – масса замеса в кг;

$P_k$  – усилие прижима катка к смеси в н;

$B$  – ширина катка в м;

$\omega$  – угловая скорость вертикального вала в 1/сек;

$\phi$  – геометрический коэффициент, характеризующий форму и расположение плужков, в м<sup>4</sup>;

$g$  – ускорение силы тяжести в м/сек<sup>2</sup>;

$l_1, l_2$  – расстояния от оси вращения вертикального вала до центра катков в м;

$r_k$  – радиус катка в м;

$F_{\text{ч}}$  – эффективная площадь чаши бегунов в м<sup>2</sup>;

$\Delta$  – плотность смеси в бегунах в кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{пот}}$  – эмпирический коэффициент, учитывающий дополнительные потери мощности в приводе смесителя при работе под нагрузкой.

Пусть при проектировании выбраны параметры смесителя:  $P_k = 1960$  и (200 кгс);  $B=0,2$ м;  $l_1=0,5$ м;  $l_2=0,4$ м;  $r_k=0,35$ м;  $F_{\text{ч}}=196$ м<sup>2</sup> и при  $\delta=1,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> определены  $\nu_{\text{ск}}=615$  вт,  $\mu=1,64$  м<sup>5</sup>/ск<sup>4</sup>;  $\eta_{\text{кач}}=6,75$  вт/кг. По данным работы для отработанной формовочной смеси с влажностью 30% выбираем  $f_1=0,22$ , а для готовой формовочной смеси с влажностью 5%  $f_2=0,35$ . Коэффициент принимаем равным 0,05. Коэффициенты  $k$  и  $\lambda$  определяем из эмпирических формул:

$$k=0,7+3 \cdot 10^{-5} \sigma;$$
$$\lambda=0,8+3,2 \cdot 10^{-5} \sigma .$$

Для отработанной формовочной смеси ( $\sigma = 0,35 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup>)

$$k_1=0,7+3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,35 \cdot 10^5=1,75 \text{ с/м}^3;$$
$$\lambda_1=0,8+3,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,35 \cdot 10^5=1,92.$$

Для готовой формовочной смеси ( $\sigma = 0,65 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup>)

$$k_2=0,7+3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,65 \cdot 10^5=2,65 \text{ с/м}^3;$$
$$\lambda=0,8+3,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,65 \cdot 10^5=2,88.$$

Массу замеса вычисляем через объем замеса и плотность смеси

$$m=1 \cdot 1,2 \cdot 10^3=1200 \text{ кг}.$$

Таким образом, мощность  $N_1$ , потребляемая смесителем при сухом перемешивании, составит

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$N = 2500 + [615 \cdot 0,22 + (1,64 \cdot 1,75 + 6,75 \cdot 1,92)1200] \frac{1}{1 - 0,05} = 69100 \text{ Вт} = 69,1 \text{ кВт.}$$

а при перемешивании готовой формовочной смеси

$$N = 2500 + [615 \cdot 0,35 + (1,64 \cdot 2,65 + 6,75 \cdot 2,88)1200] \frac{1}{1 - 0,05} = 72300 \text{ Вт} = 72,3 \text{ кВт.}$$

Для выбора мощности двигателя по условию нагрева определим эквивалентную мощность  $N_{\text{эКВ}}$ . Так как мощность на участках нагрузочного графика не постоянна, то будем исходить из формулы, которая при принятом линейном законе изменения мощности на участках  $t_1$  и  $t_2$  примет вид

$$N_{\text{эКВ}} = \sqrt{\frac{\int_0^{t_1} \left( N_1 \frac{N_2 - N_1}{t_1} \right)^2 dt + \int_{t_1}^{t_{\text{ц}}} \left[ N_2 - \frac{N_2 - N_{\text{xx}}}{t_2} \cdot (t - t_1) \right]^2 dt}{t_{\text{ц}}}}, \quad (3.16)$$

и после интегрирования и преобразований

$$N_{\text{эКВ}} = \sqrt{\frac{\left( N_1^2 + N_1 N_2 + N_2^2 \right) t_1 + \left( N_2^2 + N_2 N_{\text{xx}} + N_{\text{xx}}^2 \right) t_2}{t_{\text{ц}}}}. \quad (3.17)$$

При  $t_1 = 210$  с;  $t_2 = 60$  с;  $t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 = 270$  с и  $N_{\text{xx}} = 2,5$  кВт;  $N_1 = 69,1$  кВт;  $N_2 = 72,3$  кВт получим

$$N_{\text{эКВ}} = \sqrt{\frac{\left( 69,1^2 + 69,1 \cdot 72,3 + 72,3^2 \right) 210 + \left( 72,3^2 + 72,3 \cdot 2,5 + 2,5^2 \right) 60}{3 \cdot 270}} = 70,1 \text{ кВт.}$$

Выводы по части три

В ходе работы над конструкторской частью ВКР была рассмотрена установка для приготовления смеси, описаны ее конструкция и работа.

Был произведен расчет основных элементов:

- спроектирована система транспортировки глины в бункер;
- рассчитан бункер для глины;
- спроектирована конструкция бункеров;
- выбрано подающее устройство, произведен его расчет;

- разработано дозирующее устройство;
- разработана система подачи жидкой композиции;
- спроектированы смешивающие бегуны;
- выбран тип привода и произведен расчет эквивалентной мощности двигателя привода бегунов.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Основные производственные фонды и амортизационные отчисления

Экономический эффект данной работы достигается путем замены основного оборудования: смесители дискретного действия в количестве две единицы были демонтированы и заменены двумя смесителя непрерывного действия (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Изменение состава и стоимости машин и оборудования

Машинное оборудование	Количество данной марки	Цена одной шт. руб.	Стоимость всех машин данной марки руб.
Наименование			
Ввод			
Смеситель непрерывного действия	2	5025000	10500000
Итого:	2	5025000	10500000
Выбытия			
Смеситель дискретного действия	3	4000000	12000000
Итого:	3	4000000	12000000
Всего:			22500000

Изменение состава машин и оборудования, участвующих в технологическом процессе связаны с введением более производительных смесителей. Стоимость машин и оборудования в связи с этим уменьшилось на 22500000 руб.

### 4.2 Материально энергетические затраты

В результате внедрения новых современных технологий, стоимость основных фондов уменьшилась на 22500000 руб., годовые амортизационные отчисления уменьшились на 150000 руб.

Расчет изменения потребности в оборотных средствах представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Изменение потребности в оборотных средствах

Наименование оборотных средств, марка или ГОСТ	Норма расхода на 1т. изделия			Цена за единицу, руб.	Затраты на 1 тонну, руб.		Годовая потребность, руб.	
	Единицы измерения	Базовый вариант	Проективный вариант		Базовый вариант	Проективный вариант	Базовый вариант	Проективный вариант
<b>Основные материалы</b>								
Песок	т	1	1	35500	35500	35500	284000 000	284000 000
Итого:							284000 000	284000 000
<b>Вспомогательные материалы</b>								
Глина	л.	4	3,6	5	20	18	160000	144000
Лингосульфонат	л.	2	1,5	5	10	7,5	80000 0	60000
Жидкое стекло	л.	3	2	5	15	10	120000	800000
Итого:							108000 0	100400 0
<b>Топливо и энергия для технологических нужд</b>								
Электроэнергия	кВт/ч	86	72	0,98	84	70	294000 0	245000 0
Воздух	м <sup>3</sup>	5400	4700	0,1	540	470	189000 00	164500 00
Вода	м <sup>3</sup>	0,2	0,2	5,1	1,02	1,02	357000	357000
Итого:					625, 02	541,0 2	221970 00	1957900 0
<b>Топливо и энергия для хозяйственно – бытовых нужд</b>								
Электроэнергия	кВт/ч	3,6	3,6	0,98	3,5	3,5	123000	123000
Вода питьевая	м <sup>3</sup>	2,7	2,7	2,3	6,2	6,2	217000	217000
Итого:					9,7	9,7	340000	340000
Всего оборотных средств							307617 000	304923 000

В связи с уменьшением нормы расхода топлива и энергии для технологических нужд готовая потребность оборотных средств уменьшилась на 5644000 руб.

#### 4.3 Штаты цеха и фонд заработной платы

Таблица 4.3 – Баланс использования времени одного производственного рабочего

Элементы баланса	Дни	Часы
Календарное время	365	2920
Выходные и праздничные дни (если не работает)	115	920
Номинальное время	250	1992
Потери рабочего времени:		
- очередной отпуск;	28	224
- болезнь;	9	72
- выполнение государственных и общественных обязанностей;	-	-
прочие	3	24
Эффективное время	210	1672

Таблица 4.4 – Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих базового цеха

Отделение цеха	Профессия рабочего	Разряд	Количество работающих	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб.	Годовой фонд заработной платы, руб.			
					Прямой	Начисления на прямую заработную плату	Общий	Общий с учетом единого социального налога
<b>Основные рабочие</b>								
1	земледел	4	4	12,11	80992	60744	141730	192190
2	земледел	5	5	13,02	108850	81640	190490	258300
Итого:			9		189842	142384	332220	<u>450490</u>
<b>Вспомогательные работы</b>								
<b>Занятые обслуживанием оборудования</b>								
1	Электрик		3	11,15	55928	41946	97874	132717
2	Слесарь		3	11,15	18642	13982	97874	132717
3	КИП		1	11,15	130498	35922	32624	44238
Итого:			7		205068	91850	228372	<u>309672</u>

Окончание таблицы 4.4

Отделение цеха	Профессия рабочего	Разряд	Количество работающих	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб.	Годовой фонд заработной платы, руб.			
					Прямой	Начисления на прямую заработную плату	Общий	Общий с учетом единого социального налога
Незанятые обслуживанием оборудования								
2	крановщик	5	3	11,15	55928	41946	97874	132717
2	крановщик	4	3	10,38	52066	39049	91115	123552
Итого:			6		107994	80995	188989	256269
Всего:			22		502904	315229	749581	1016431

В расчете фонда заработной платы принято:

60% - премия;

15% - уральский коэффициент;

Общий годовой фонд заработной платы с учетом единого социального налога 26,2% составляет 1016431 руб.

Таблица 4.5 – расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы остальных работников базового цеха

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб.	Общий годовой фонд заработной платы, руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом единого социального налога руб.(35,6%)
Руководители					
Старший мастер	1	3000	2250	63000	85428
Мастер	3	2000	1500	126000	170856
Итого:	4			189000	256284
Специалисты					
Инженер - технолог	1	2500	18,75	52500	71190



Окончание таблицы 4.5

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб.	Общий годовой фонд заработной платы, руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом единого социального налога руб.(35,6%)
Механик	1	4000	3000	84000	113904
Итого:	2			136500	185094
Служащие					
Табельщик	1	1200	900	25200	34171
Итого:	1			25200	34171
Младший обслуживающий персонал					
Уборщик	1	1000	750	21000	28476
Итого:	1			21000	28476
ВСЕГО:	8			371700	504025

В расчете фонда заработной платы принято:

60% - премия;

15% - уральский коэффициент

Таблица 4.6 – Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы проектируемого цеха

Категория работающих	Среднесписочное количество работающих	Среднемесячная заработная плата руб.	Общий годовой фонд заработной платы руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом единого социального налога руб. 26,2%
Основные рабочие	9	3076	332226	450490

Окончание таблицы 4.6

Категория работающих	Среднесписочное количество работающих	Среднемесячная заработная плата руб.	Общий годовой фонд заработной платы руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом единого социального налога руб. 26,2%
Вспомогательные рабочие:				
Занятые обслуживанием оборудования	7	2718	228360	309672
Не занятые обслуживанием оборудования	6	2624	188986	256269
Руководители	4	3937,8	189000	256284
Специалисты	2	5687	136500	185094
Служащие	1	2100	25200	34171
Младший обслуживающий персонал	1	1750	21000	28476
Итого:	30	-	1121272	1520456

Фонд заработной платы работающих в проектом цехе с учетом единого социального налога составил 1520456 руб.

4.4 Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха

Таблица 4.7 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования цеха

Наименование статьи расходов	Сумма, руб.		Примечание
	Базовый вариант	Проектный вариант	
1 Амортизация машин и оборудования, транспортных средств, инструмента	3474000	3164000	Таб.4

## Окончание таблицы 4.7

Наименование статьи расходов	Сумма, руб.		Примечание
	Базовый вариант	Проектный вариант	
2 Вспомогательные материалы для ухода за оборудованием (огнеупоры и др.)	360000	284000	Применяются по действующим на предприятии нормам
3 Общий фонд заработной платы с единым социальным налогом работающих, занятых обслуживанием оборудования	309672	309672	Таб. 8,9
4 Текущий ремонт оборудования и транспортных средств, инструмента	1200000	1000000	Принимаются по действующим на предприятии нормам
Итого:	5343672	4757672	

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования цеха уменьшились по сравнению с базовым вариантом на 586000 руб. (5343672 - 4757672), так как уменьшилась амортизация машин и оборудования, а также уменьшились затраты на текущий ремонт.

## 4.5 Смета цеховых расходов

Таблица 4.8 – Смета цеховых расходов

Наименование статьи расходов	Сумма, руб.		Примечание
	Базовый вариант	Проектный вариант	
1. Амортизация зданий, сооружений, передаточных устройств, производственного и хозяйственного инвентаря цеха	603000	603000	Таблица 4
2. Вспомогательные материалы на хозяйственно – бытовые нужды цеха	30000	30000	Применяются по действующим на предприятии нормам

Окончание таблицы 4.8

Наименование статьи расходов	Сумма, руб.		Примечание
	Базовый вариант	Проектный вариант	
3. Топливо и энергия (вода) на хозяйственно- бытовые нужды цеха	340000	340000	Таблица 5
4. Общий фонд заработной платы с единым социальным налогом руководителей, специалистов и служащих, младшего персонала, а также вспомогательных рабочих, не занятых обслуживанием оборудования.	760294	760294	Таб. 8,9,10.
5. Текущий ремонт зданий, сооружений, передаточных устройств, производственного и хозяйственного инвентаря цеха.	320000	320000	Применяются по действующим на предприятии нормам
6. Прочие расходы (охрана труда, рационализация, изобретательство и т.д.)	20000	20000	Применяются по действующим на предприятии нормам
Итого:	2073294	2073294	

Цеховые расходы проектируемого участка не изменились по сравнению с базовым вариантом и составили 2073294 руб.

4.6. Себестоимость продукция

Таблица 4.9 – Себестоимость готовой программы одного изделия

Калькуляционные статьи затрат	Значение						Примечание
	На годовую программу, руб.		На 1 т изделий, руб.				
	базовое 1т.	проектное	базовое 1т.	проектное	отклонение		
					Обсолютное	относительное	
1 Основные и вспомогательные материалы на технологические цели	28436000	28428000	35500	35500	0	0	Таб. 5
2 Топливо и энергия на технологические цели	25017000	19449000	977	781	-0,196	-0,20	Таб.5
3 Общая заработная плата основных рабочих с единым социальным налогом	4505000	4505000	57	57	0	0	Таб.8,10
4 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	5344000	4758000	668	594	-0,0733	-0,11	Таб. 11
5 Цеховые расходы	2073300	2073300	59	59	0	0	
6 Потери от брака	400000	400000	66	66	0	0	Применяются по данным базового цеха с учетом мероприятий по снижению брака
Итого цеховая себестоимость	31557200	30933000	39500	38600	-0,9	-0,022	

## Окончание таблицы 4.9

Калькуляционные статьи затрат	Значение						Приме- чание
	На годовую программу, руб.		На 1 т изделий, руб.				
	базовое 1 т.	проектное	базовое 1 т.	проектное	отклонение		
					Обсо- лютное	относи- тельное	
7 Общехозяй- ственные расходы	10800	10700	0,31	0,3	-0,000 01	-0,032	Принима- ем по дан- ным базо- вого цеха
Итого производ- ственная себе- стоимость	315583 000	309341 000	39560	38710	-0,85	-0,022	
8 Внепроизвод- ственные расхо- ды	10800 00	10700 00	31	30,6	-0,0004	- 0,013	Принима- ем по дан- ным базо- вого цеха
Итого полная се- бестоимость	316663 000	310411 000	39720	38810	-0,9	- 0,022	

Полная себестоимость в проектируемом цехе уменьшилась на годовую программу 6250000 руб. и на 900 руб. на одну тонну продукции. Из-за уменьшения затрат на топливо и энергию, на технологические цели, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, общехозяйственные и внепроизводственные расходы.

## 4.7 Техничко-экономические показатели работы цеха

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.10 – Динамика технико-экономических показателей работы смесе-приготовительного участка

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя		Отклонение	
			базовый	проектный	абсолютное	относительное
Годовой объем производства изделий	тыс.т.	Q	0,80	0,80	0	0
Потери от брака	%	$PБ = mБ / Q \cdot 100$	7	7	0	0
Общая площадь участка	Тыс. м	S	1,44	1,3	-0,14	-0,097
Съем изделий с 1 м общей площади	т/м <sup>3</sup>	$C_S = Q / S$	0,55	0,615	0,065	0,12
Балансовая стоимость основных производственных фондов	млн.руб.	Фб	55,62	53,195	-2,425	-0,043
Активная часть основных производственных фондов	%	$АЧ = Фз / Фб \cdot 100$	39,48	31,96	-7,52	-0,19
Фондоотдача	руб/руб	$ФО = Q \cdot Ц / Фб$	0,571	0,584	0,013	0,023
Фондоемкость продукции	руб/руб	$ФЕ = 1 / ФО$	1,75	1,71	-0,04	-0,023
Стоимость оборотных фондов	млн.руб.	ОС	310,057	304,42	-5,637	-0,018
Материалоотдача	руб/руб	$МР = Q \cdot Ц / ОС$	0,102	0,103	0,001	0,098
Материалоемкость продукции	руб/руб	$МЕ = 1 / МО$	9,8	9,7	-0,1	-0,01
Расход основных материалов на изделие	кг	Ром	1260	1260	-	-

Окончание таблицы 4.10

Численность: работающих; рабочих	Чел.	Ч	30	30	0	0
		Ч <sub>р</sub>	9	9	0	0
Производительность одного работающего	тн/чел	РТ=Q/Ч	26,66	26,66	0	0
Производительность одного рабочего	тн/чел	ПТ <sub>р</sub> =Q/Ч <sub>р</sub>	88,888	88,888	0	0
Трудоемкость продукции	Чел. ч/тн	ТЕ=Ч <sub>р</sub> ·ЭВ/Q	0,18	0,18	0	0
Общий годовой фонд заработной платы работающих	тыс. руб.	ФЗП	1121,272	1121,272	0	0
Среднемесячная заработная плата одного работающего	тыс. руб	ЗП	3,114	3,114	0	0
Полная себестоимость 1 изделия	тыс.руб	С	39,72	38,81	-0,9	-0,022
Цена одного изделия	тыс. руб	Ц	43	43	0	0
Прибыль на одно изделие	тыс. руб	П=Ц-С	3,28	4,19	0,91	0,278
Прибыль на годовой выпуск	тыс. руб	По=П·Q	2,624	3,352	0,728	0,28
Рентабельность продукции	%	R <sub>п</sub> =П/С·100 %	8,26	10,8	2,54	0,31
Рентабельность фондам	%	R <sub>ф</sub> =(П·Q/Фб +ОС)/100%	0,722	0,93	0,208	0,29
Затраты на 1 руб. продукции		Z=C/Ц	0,92	0,902	-0,018	-0,019

Потери от брака определяются по формуле

$$ПБ=(mБ/Q+mБ) \cdot 100\% , \quad (4.1)$$

где mБ – масса брака, тыс.т.

Активная часть основных производственных фондов определяется по формуле



$$АЧ = \Phi_3 / \Phi_6 \cdot 100\% , \quad (4.2)$$

где  $\Phi_3$  – стоимость машин и оборудования, транспортных средств, инструмента.

В связи предложенными в ВКР организационно - технических мероприятий затраты на 1 рубль продукции снижены на 1,9%. Рентабельность продукции возросла с 8,26% до 10,8 %, по сравнению с базовым вариантом. Эти изменения достигнуты за счет уменьшения технологического цикла смесеприготовления и связаны с уменьшением затрат на электроэнергию на технологические цели и изменением состава машин и оборудования, участвующих в технологическом процессе.

#### 4.8 Анализ эффективности использования производственных ресурсов

Таблица 4.11 – Абсолютная и относительная экономия затрат на производственные ресурсы

Вид ресурса	Вид экономии	Расчетная формула	Значение
Основные производственные фонды	Абсолютная	$\Delta AO = AO_B \cdot Q_B / 0_B - AO_{\Pi}$	2,3
	Относительная	$\Delta ao = (\Delta AO / AO_B) / (\Delta Q / Q_B) \cdot 100$	4,46
Оборотные средства	Абсолютная	$\Delta OC = OC_B \cdot Q_{\Pi} / Q_B - OC_{\Pi}$	6,44
	Относительная	$\Delta oc = (\Delta OC / OC_B) / (\Delta Q / Q_B) \cdot 100\%$	0,77
Трудовые ресурсы	Абсолютная	$\Delta \Phi_3 \Pi = \Phi_3 \Pi_B \cdot Q_{\Pi} / Q_B - \Phi_3 \Pi_{\Pi}$	0
	Относительная	$\Delta \Phi_3 \Pi = \Delta \Phi_3 \Pi / \Phi_3 \Pi_B // \Delta Q / Q_B \cdot 100$	0
коэффициент уровня интенсивности развития, %		$K_{\Gamma} = \Phi_3 \Pi_B / C_B^{\Gamma} \cdot \delta \Phi_3 \Pi + AO_B / C_B^{\Gamma} \cdot \delta OC$	51,48

Относительная экономия основных производственных фондов и трудовых ресурсов положительна и, следовательно, развитие считается интенсивным; относительная экономия оборотных средств положительна, значит это ресурсоемкий путь развития.

#### 4.9 Экономическая эффективность проекта

Таблица 4.12 – Эффективность работы спроектированного цеха

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение
Дополнительные капитальные вложения	млн. руб.	ΔК	-

Окончание таблицы 4.12

Наименование показателя	Единицы измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение
Условно – годовая экономия затрат	млн. руб.	$\Delta = (Cб - Cп) \cdot Q$	1720000
Условно - годовое изменение прибыли	млн. руб.	$\Pi = ((Cб - Cп) + (Цп - б)) \cdot Qп$	
Капиталоотдача	руб./руб.	$КО = (Cп \cdot Qп) - (Cб \cdot Qб) / K$	0,013

Выводы по части четыре

Экономический эффект данной работы достигается путем замены основного оборудования: смесители дискретного действия в количестве трех единиц были демонтированы и заменены двумя смесителя непрерывного действия, Уменьшилось время смесеприготовления.

Условно годовая экономия основных производственных фондов и трудовых ресурсов положительна и, следовательно, развитие считается интенсивным; относительная экономия оборотных средств положительна, значит это ресурсоемкий путь развития. Срок окупаемости 2 года.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Краткое описание производственного участка

Производственный участок, на котором располагается автоматизированная установка для приготовления формовочной смеси, представляет собой литейный цех.

Автоматизация установки для приготовления формовочной смеси производится с целью контроля, учета и рационального использования формовочных материалов.

Разработка и последующее внедрение подобной установки приведет к таким положительным факторам, как повышение производительности труда, снижение расходов материалов, освобождение рабочих от тяжелой и вредной работы в условиях литейного цеха, возможность вести учет расхода материалов, повышенная надежность работы, комфорт и легкость управления.

### 5.2 Обеспечение безопасных условий труда на автоматизированном участке

При проведении технологического процесса в литейных цехах на всех стадиях обработки материалов возможно появление опасных и вредных производственных факторов.

Основными из них являются пыль, конденсации, выделение паров и газов, избыточное выделение теплоты, избыточные тепловые излучения, повышенные уровни шума и вибрации, наличие электромагнитных излучений, повышенное значение напряжения в электрических цепях, наличие движущихся машин и механизмов, подвижных частей производственного оборудования.

Пыль литейных цехов по дисперсному составу относится к мелким и мельчайшим фракциям, которые длительное время находятся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны. Значительные выделения пыли, содержащей двуокись кремния до 99%, наблюдается при выбивке отливок, в процессе приготовления формовочных и стержневых смесей, приготовлении моделей.

При плавке легированных сталей и цветных металлов в воздух рабочей зоны могут выделяться аэрозоли конденсации, среди которых наиболее токсичными являются аэрозоли окислов марганца, цинка, ванадия, никеля и многих других металлов и их соединений.

К газам и парам, которыми загрязняется воздух рабочей зоны литейных цехов, относятся акролеин, ацетон, ацетилен, бензол, окись азота, окись углерода, двуокись серы, уротропин, углекислый газ, фенол, формальдегид, хлор, этиловый спирт и др.

Углекислый газ, применяемый для химической сушки (твердения) песчано-глинистых форм, не токсичен, однако при большом количестве его в воздухе рабочей зоны в нем уменьшается содержание кислорода, что может вызвать тягостное ощущение и даже явление удушья (асфиксию).

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Избыточное выделение теплоты наблюдается в отделениях плавки металла, заливки, сушки форм и стержней, выбивки отливок, термической обработки, а также при выполнении ряда вспомогательных операций (при подсушке ковшей, форм и др.). На рабочей площадке мартеновских печей, на колошниковой площадке вагранок и у мест выпуска расплавленных стали и чугуна, температура воздуха может превышать 30С при температуре наружного воздуха 20С.

Кроме того, воздействие теплового потока на организм зависит от спектральной характеристики излучения. Наибольшей проникающей способностью для организма обладают инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм (не поглощаются кожным покровом), а наиболее резко действуют на кожу лучи с длиной волны свыше 1,5 мкм до 3 мкм.

Вибрация. В литейных цехах источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, пневматических формовочных, центробежных и других машин, а источниками локальной вибрации - пневматические рубильные молотки, трамбовки и др. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТом 12.1.012-90.

Шум. Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки, обрубки и некоторых других.

Ультразвук в литейных цехах применяют для обработки жидких расплавов, очистки отливок, в установках и системах очистки газов и др. Для этого используют генераторы с диапазоном частот 18-22 кГц.

Электромагнитные поля в литейных цехах генерируются электротермическими установками для плавки и нагрева металла, сушки форм и стержней и др.

Источники ионизирующих излучений в литейном производстве применяют для плавки, выявления дефектов в отливках, контроля и автоматизации технологических процессов и др.

Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются: электропечи, машины и механизмы с электроприводом (конвейеры, подъемно-транспортные устройства, помольное и другое оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей и т.д.). Применяемое электрооборудование - в основном напряжением до 1000В, при применении электротермических установок - свыше 1000В.

Литейные цеха оснащены транспортными и грузоподъемными механизмами, машинами для приготовления формовочных и стержневых смесей, устройствами для выбивки отливок. Выполнение любой операции на указанном оборудовании связано с опасностью травмирования обслуживающего персонала из-за наличия опасных зон.

Кроме общепринятых средств коллективной защиты, в литейных цехах применяются средства индивидуальной защиты (СИЗ):

- для ремонтных и аварийных работ - изолирующие костюмы;
- для выполнения технологических операций в рабочем режиме - остальные СИЗ, предусмотренные ГОСТом 12.4.011-75, в том числе:

1) средства защиты органов дыхания - респиратор ШБ-1;

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

- 2) специальная одежда для защиты от повышенной температуры;
- 3) специальная обувь для защиты от повышенных температур, виброзащитная обувь;
- 4) средства защиты рук - специальные рукавицы,
- 5) средства защиты лица - наголовный щиток - защищает от ультра- и инфракрасного излучения, брызг расплавленного металла и искр;
- 6) средства защиты органов слуха - наушники;
- 7) защитные дерматологические средства - очистители кожи.

При поступлении на работу в литейные цеха и на участки трудящиеся должны подвергаться предварительному медицинскому осмотру, а затем периодическим осмотрам согласно порядку, установленному Минздравом [20].

### 5.3 Расчет необходимого воздухообмена

Основным источником загрязнения воздуха, в помещении теплового пункта автоматизированного комплекса, является оборудование системы теплоснабжения здания. Тепловыделяющее оборудование (трубопроводы, теплообменные аппараты, запорно-регулирующая арматура и т.д.) выделяют тепло с интенсивностью  $4 \text{ Вт/м}^2$ . Площадь помещения составляет  $15 \text{ м}^2$ . Объем помещения –  $30 \text{ м}^3$ .

Работы, проводимые в помещении теплового пункта, являются продолжительными (более 2 часов). Для данного помещения была выбрана естественная, организованная система вентиляции, так как данная система экономична и проста в эксплуатации.

Работоспособность системы вентиляции определяется показателями кратности воздухообмена  $KВ$  (1/ч) и количества воздуха  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), удаляемого из помещения в течении часа, которые связаны соотношением:

$$KВ = \frac{L}{U}, \quad (5.1)$$

где  $U$  – объем помещения.

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных веществ необходимый (минимальный) воздухообмен  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) можно определить по формуле:

$$L_m = n \cdot L_1, \quad (5.2)$$

где  $n = 1$  - число работающих в помещении;

$L_1$  - расход воздуха на одного работающего, принимаемый в зависимости от объема помещения  $U$ , приходящегося на каждого работающего. При объеме помещения  $U=20...40 \text{ м}^3$ ,  $L_1=25 \text{ м}^3$ .

$$L_m = n \cdot L_1 = 1 \cdot 25 = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Расход воздуха по избыткам явной теплоты определяем по формуле:

$$L = L_M + \frac{3,6 \cdot Q - c \cdot L_M \cdot (t_{wz} - t_{in})}{c \cdot (t - t_{in})}, \quad (5.3)$$

где  $Q = 108$  Вт – тепловой поток в помещении;

$c$  – плотность приточного и удаляемого воздуха, равная  $1,2$  кг/м<sup>3</sup>;

$t_{wz} = 30^\circ\text{C}$  – температура воздуха, удаляемого системами местных отсосов, в обслуживаемой или рабочей зоне помещения и на технологические нужды,  $^\circ\text{C}$ ;

$t = 20^\circ\text{C}$  – температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{in}$  – температура воздуха, подаваемого в помещение,  $^\circ\text{C}$

При необработанном наружном воздухе  $t_{in}$  определяется по формуле:

$$t_{in} = t_{ext} + 0,001 \cdot p, \quad (5.4)$$

где  $t_{ext}$  – температура наружного воздуха,  $t_{ext} = 18^\circ\text{C}$ ;

$p$  – полное давление вентилятора, Па, так как в системе воздуховода вентилятор не предусмотрен  $p = 0$ ,  $t_{in} = t_{ext}$ .

Тогда расход воздуха составит:

$$L = L_M + \frac{3,6 \cdot Q - c \cdot L_M \cdot (t_{wz} - t_{in})}{c \cdot (t - t_{in})} = 25 + \frac{3,6 \cdot 108 - 1,2 \cdot 25 \cdot (30 - 18)}{1,2 \cdot (20 - 18)} = 37 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Кратность воздухообмена:

$$KB = \frac{L}{U} = \frac{37}{30} = 1,2 \text{ 1/ч}.$$

#### 5.4 Классификация, причины возникновения и характеристика чрезвычайных ситуаций

Под «чрезвычайными ситуациями» (ЧС) следует понимать события, которые могут произойти в мирное и военное время и приводят к возникновению очагов массового пожара.

Чрезвычайные ситуации можно классифицировать следующим образом:

1) ЧС, связанные со стихийными бедствиями (землетрясения, катастрофы, наводнения, ураганы и штормовые ветры, снежные бури и занос, сели, оползни, обвалы лавины, лесные и торфяные пожары, эпидемии и др.).

2) ЧС, связанные с выбросом вредных веществ в окружающую среду (аварии на АЭС и других объектах ядерной энергетики), с выбросом (утечкой) радиоактивных веществ (РВ) в атмосферу; аварии на объектах, имеющих сильно действующие ядовитые вещества (СДЯВ), с выбросом (утечкой) их в окружающую

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

среду; аварии на производственных предприятиях с выбросом (утечкой) биологических средств.

3) ЧС, связанные с возникновением пожаров и взрывов и их последствиями (разрушение и повреждение зданий, сооружений, технологических установок, емкостей и трубопроводов на предприятиях со взрыво- и пожароопасной технологией; пожары и взрывы в населенных пунктах и на транспортных коммуникациях и т.д.).

4) ЧС конфликтного характера (вооруженные нападения на военные объекты и склады; волнения в отдельных районах, вызванные выступлениями экстремистских групп (элементов); применение оружия массового поражения (ОМП) и других современных средств поражения.

Стихийные бедствия могут возникать как независимо друг от друга, так и во взаимосвязи: одно из них может повлечь за собой другое. Независимо от источника возникновения стихийные бедствия характеризуются значительными масштабами и различной продолжительностью – от несколько секунд и минут (землетрясения, снежные лавины) до несколько часов (сель), дней (оползень) и месяцев (наводнение).

Авария (катастрофа) – это выход из строя машин, механизмов, устройств, коммуникаций, сооружений, их систем и т.п., вследствие нарушения технологии производства, правил эксплуатации, мер безопасности, ошибок, допущенных при проектировании, строительстве и изготовлении станков, агрегатов и т.д.; низкой трудовой дисциплины, а также в результате стихийных бедствий.

Наиболее характерными авариями, вызывающими тяжелые последствия, являются взрывы, пожары, заражение атмосферы и местности СДЯВ, РВ.

Взрывы и, как их следствие, пожары происходят на объектах, производящих взрывоопасные и химические вещества; в системах и агрегатах, находящихся под большим давлением; на газо- и продуктоводах и т.д.

Пожары на предприятиях могут возникнуть также вследствие повреждения электропроводки машин, находящихся под напряжением; топков и отопительных систем; емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями, нарушений правил техники безопасности.

На характер и масштабы пожаров существенное влияние оказывают огнестойкость зданий и сооружений, пожарная опасность производства, плотность застройки, метеорологические условия, состояние систем и средств пожаротушения и др.

Аварии с истечением (выбросом) СЯДВ и заражением окружающей среды возникают на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, молочной и пищевой промышленности; водопроводных и очистных сооружениях, а также при транспортировке СЯДВ. Непосредственными причинами являются правила хранения и транспортировки, несоблюдение требований техники безопасности, выход из строя агрегатов, механизмов, трубопроводов повреждение емкостей и др.

Для защиты от СДЯВ применяются промышленные фильтрующие противогазы различных марок, выбор которых зависит от вида СДЯВ и его концентрации.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Наиболее опасным по масштабам последствий являются аварии на АЭС с выбросом в атмосферу РВ, в результате чего, кроме разрушения энергоблоков, имеет место длительное радиоактивное загрязнение местности на огромных площадях.

К современным средствам поражения, вызывающим ЧС конфликтного характера, относятся оружия массового поражения (ОМП) и обычные средства нападения.

Современные виды ОМП делятся на ядерное, химическое и бактериологическое.

Ядерное (атомное термоядерное и нейтронное) оружие – самое мощное по своим поражающим свойствам. В зависимости от характера целей могут применяться воздушные, высотные, наводные, наземные, подводные и подземные ядерные взрывы.

Основными поражающими факторами ядерного взрыва являются: ударная волна светового излучения, проникающая радиация, радиоактивное заражение и электромагнитный импульс.

Разновидностью ядерного оружия является нейтронное оружие. При взрыве нейтронных боеприпасов главным поражающим фактором является проникающая радиация, а в ней – нейтронный поток. Остальные поражающие факторы появляются, как в других разновидностях ядерного оружия, но со значительно меньшей силой.

Основу химического оружия составляют отравляющие вещества (ОВ), поражающие людей и животных, заражающие воздух, почву, источники воды, здания и сооружения, транспорт, различную технику, продукты питания и корм для животных. В момент применения отравляющие вещества, как правило, переходят из жидкого или твердого состояния в капельножидкое, газообразное, парообразное или аэрозольное (туман, дым).

Бактериологическое оружие является средством массового поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений. Основу его составляют бактериальные средства: болезнетворные бактерии, вирусы, риккетсии, патогенные грибы, вырабатываемые болезнетворными бактериями яды (токсины).

Обычно оружие составляют все огневые и ударные средства, применяющие артиллерийские, зенитные, авиационные, стрелковые и инженерные боеприпасы и ракеты в обычном снаряжении, зажигательные боеприпасы и огнесмеси. Обычное оружие может применяться самостоятельно и в сочетании с ядерным оружием для поражения живой силы и техники противника, а также для разрушения и уничтожения различных, особо прочных объектов. В целях затруднения проведения спасательных работ вслед за ударно-взрывными и зажигательными средствами применяются бомбовые кассеты с малогабаритными бомбами (минами) мгновенного или замедленного действия, бомбы-сюрпризы и другие средства.

В результате различных ЧС возникает очаг поражения (ОП) – территория, в пределах которой произошли массовые разрушения и повреждения зданий, сооружений и других объектов, сопровождающиеся поражениями и гибелью людей, животных растений.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74



Для каждого вида ЧС существуют свои методы расчета размеров и других характеристик очага поражения. Для предприятий со взрыво- и пожароопасной технологией, в частности, учитывается, что при взрыве газозвушной смеси образуется ударная волна, поэтому рассчитывается избыточное давление ударной волны, по величине которого судят о степени возможного разрушения здания или сооружения, находящегося на определенном расстоянии от источника взрыва [22].

#### Выводы по части пять

В части «Безопасность жизнедеятельности» произведено краткое описание участка, а также были рассмотрены комплексные мероприятия по охране труда литейного цеха и выполнен расчёт необходимого воздухообмена. И был рассмотрен вопрос классификации, причины возникновения и характеристики чрезвычайных ситуаций.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство технологических операций в литейном производстве очень трудоёмко, протекает при высокой температуре с выделением газов и кварцесодержащей пыли. Для уменьшения трудоёмкости и создания, нормальных санитарно-гигиенических условий труда в литейных цехах применяют различные средства механизации и автоматизации технологических процессов и транспортных операций.

Особенно эффективно внедрение в литейное производство комплексной механизации и автоматизации. Перспективными являются автоматические линии формовки, сборки и заливки форм сплавом с охлаждением отливок и их выбивкой.

В ВКР были рассмотрены вопросы смесеприготовления, описаны технологический процесс получения формовочной смеси и характеристика литейных материалов. Представлены требования к процессу смесеприготовления, описаны конструкция и работа существующей на ФГУП УКВЗ установки. Произведен анализ объектов и способы автоматизации смесеприготовительных систем, выделены основные цели и направления автоматизации. Выявлены недостатки существующей технологии и обозначены направления по ее совершенствованию.

В ходе работы над конструкторской частью была рассмотрена установка для приготовления смеси, описаны ее конструкция и работа. Спроектирована система транспортировки глины в бункер, спроектирована конструкция бункеров, разработано дозирующее устройство, разработана система подачи жидкой композиции, спроектированы смешивающие бегуны, выбран тип привода и произведен расчет эквивалентной мощности двигателя привода бегунов.

Экономический эффект от внедрения разработанной установки составил: 157090,29 руб., срок окупаемости равен: 2 года.

В части «Безопасность жизнедеятельности» произведено краткое описание участка, а также были рассмотрены комплексные мероприятия по охране труда литейного цеха и выполнен расчёт необходимого воздухообмена. И был рассмотрен вопрос классификации, причины возникновения и характеристики чрезвычайных ситуаций.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Парр, Э. Программируемые контроллеры. Руководство для инженера / Э. Парр. – М.: Бином, 2007. – 520 с.
- 2 <http://trei.biz/controllers/trei-5b-00/>
- 3 <http://www.emicon.ru/FrontTopic/id780>
- 4 <http://volmag.ru/menubk/menu-mini>
- 5 <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1200.htm>
- 6 <http://www.prompower.ru/katalog/kontrollery/abb-ac500/>
- 7 <http://asutp.ru/?p=400185>
- 8 Сафронов, В.Я. Справочник по литейному оборудованию / В.Я. Сафронов. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
- 9 Титов, Н.Д. Технология литейного производства: учебник для машиностроительных техникумов / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов – 2-е изд., перераб. – М.: «Машиностроение», 1978. – 432 с.
- 10 Неуструев, А.А. Микропроцессорные устройства в литейном производстве: учеб. пособие для СПТУ / А.А. Неуструев, В.П. Пантюхин – М.: Высш. шк., 1988 – 79 с.
- 11 Богдан К.С. Весодозирующее оборудование литейных цехов / К.С. Богдан – М.: «Машиностроение», 1977. – 256 с.
- 12 Иванов, В.Н. Литье по выплавляемым моделям / В.Н. Иванов. – М.: «Машиностроение», 1984. – 408 с.
- 13 Аксенов, П.Н. Оборудование литейных цехов / П.Н. Аксенов. – М.: «Машиностроение», 1977. – 510 с.
- 14 Горский, А.И. Расчеты машин литейного производства / А.И. Горский. – М.; Москва: «Машиностроение», 1966. – 404 с.
- 15 Дембовский, В.В. Автоматизация литейных процессов: справочник / В.В. Дембовский. – Л.: «Машиностроение», 1989. – 264 с.
- 16 Беликов, О.А. Приводы литейных машин / О.А. Беликов. – М.: «Машиностроение», 1971. – 311 с.
- 17 Каганов, В.Ю. Автоматизация управления металлургическими процессами / В.Ю. Каганов, О.М. Блинов. – М.: Металлургия, 1974. – 416 с.
- 18 Чалдаева, Л.А. Экономика предприятия: учебник для бакалавров / Л.А. Чалдаева. – М.: Юрайт, 2013. – 410 с.
- 19 Зимин, А.Ф. Экономика предприятия: учебное пособие / А.Ф. Зимин, В.М. Тимирьянова. – М.: ИД ФОРУМ, ИНФРА-М, 2012. – 288 с.
- 20 Безопасность производственных процессов. / под ред. С.В. Белов. – М.: Машиностроение, 1985 – 448 с.
- 21 Охрана труда в машиностроении: учебник для машиностроительных ВУЗов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
- 22 Хван, Т.А. Безопасность жизнедеятельности / Т.А. Хван, П.А. Хван. – 4-е изд. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2004. – 415 с.

					15.03.04.2018.078.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77