

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет механико-технологический
Кафедра Машиностроение, автоматика и электроэнергетика

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент

_____ К.М. Виноградов
_____ 2018 г.

Автоматизированная установка непрерывной разливки стали

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
к.т.н., доцент
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2018 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ Р.Г. Закиров
_____ 2018 г.

Автор работы
студент группы ДО-506
_____ А.С. Кудряшов
_____ 2018 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ Ю.В. Константинов
_____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Кудряшов А.С. Автоматизированная установка непрерывной разливки стали. – Челябинск: «ЮУрГУ (НИУ)», МТ; 2018 г. 84 с., 36 ил., библиогр. список – 11 наим., 7 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе предложена автоматизация установки непрерывной разливки стали за счёт создания системы управления на основе тензометрических датчиков веса и инфракрасного датчика температуры.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны: схема управления подъёмно-поворотным стендом, принципиальная электрическая схема взвешивания, система управления установкой, включающая блок управления и информационный блок, выбраны тензодатчики, цифровые преобразователи сигнала, радиомодем, датчик температуры.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы по организации рабочего места оператора, проведен расчет защитного зануления тензодатчиков и рассмотрены действия формирований МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Ожидаемый экономический эффект от использования автоматизированной установки непрерывной разливки стали составляет – 1012,5 тыс.руб. Срок окупаемости установки составляет 1 год. Себестоимость продукции снизится на 4%.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Кудряшов А.С.			Автоматизированная установка непрерывной разливки стали	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Закиров Р.Г.				л	4	84
Н. конт.		Константинов			ФГАОУ ВПО «ЮУрГУ»(НИУ) Кафедра МАЭ			
УТВ.		Виноградов К.М.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	
1.1 Аналитический обзор элементов систем непрерывной разливки стали	
1.1.1 Методы определения уровня металла в стальковше.....	9
1.1.2 Методы замера температуры металла в промковше.....	13
1.2 Основные направления совершенствования систем разливки.....	16
Выводы по разделу один.....	16
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Технологический процесс разливки стали	
2.1.1 Поворотный стенд.....	17
2.1.2 Тележка промковша.....	19
2.1.3 Промковш с крышкой.....	20
2.1.4 Разливочная площадка.....	21
2.1.5 Кристаллизатор для литья слябов.....	22
2.1.6 Машина газокислородной резки.....	24
Выводы по разделу два.....	24
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Подъёмно-поворотный стенд	
3.1.1 Описание конструкции стенда.....	25
3.1.2 Описание работы стенда.....	27
3.1.3 Разработка структурной схемы управления установкой.....	27
3.2 Разработка полевого уровня	
3.2.1 Выбор тензодатчиков.....	29
3.2.2 Выбор цифрового преобразователя сигнала.....	35
3.2.3 Выбор радиомодема.....	36
3.2.4 Расчет радиоканала передачи данных	43
3.2.5 Выбор датчика температуры.....	46
3.2.6 Расчёт погрешности измерительного канала взвешивания стальковша.....	47
3.3 Разработка принципиальной электрической схемы системы взвешивания	
3.3.1 Выбор блока питания системы взвешивания	53
3.3.2 Выбор электрошкафа	54
3.4 Разработка системы управления установки	
3.4.1 Разработка блока управления.....	55
3.4.2 Разработка информационного блока.....	59
Выводы по разделу три.....	60

4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
4.1 Анализ экономического эффекта от внедрения установки.....	61
4.2 Определение текущих и капитальных затрат	
4.2.1 Определение текущих затрат по базовому и разрабатываемому варианту.....	62
4.2.2 Капитальные вложения, направленные на внедрение установки....	65
4.3 Определение производственно-экономического результата от использования автоматизированной установки.....	66
Выводы по разделу четыре.....	67
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1 Организация рабочего места оператора	
5.1.1 Требования к помещению.....	68
5.1.2 Расчет искусственного освещения (люминесцентного).....	68
5.1.3 Требования к ЭВМ и рабочим местам.....	71
5.1.4 Требования к организации режима труда.....	72
5.2 Расчёт защитного зануления тензодатчиков.....	72
5.3 Действия формирований МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций	
5.3.1 Чрезвычайные ситуации связанные со взрывами.....	76
5.3.2 Активно химически отравляющие вещества и защита от них.....	77
Выводы по разделу пять.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	82
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЛЕРА SIEMENSSIMATICS7-40	83

ВВЕДЕНИЕ

В условиях жёсткой рыночной экономики и конкуренции в настоящее время во всех областях промышленности существует тенденция к наращиванию объёмов производства и снижению себестоимости продукции. Этого можно достичь, в том числе, и автоматизацией управления производственными процессами, устранением человеческого фактора из производственного процесса.

Автоматизация с развитием микропроцессорной техники, новых технологий приобретает всё большее значение. В построении систем всех уровней автоматические весоизмерение и замеры температуры становятся если не главными, то, безусловно, одним из очень важных факторов.

Автоматизация измерения выполняет две важнейшие задачи:

а) исключение человека из производственного процесса, что позволяет исключить субъективные возмущающие факторы, повысить точность и оперативность процесса;

б) передача полученной информации в систему управления.

В силу научно-технического прогресса все большее значение приобретает автоматизация производственных и технологических процессов производственных и технологических за счет создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Автоматизированные системы управления технологическими процессами создаются в виде компьютерно-интегрированных структур. С технической точки зрения, это совокупность нескольких компьютеров, которые дают возможность интегрировать сразу несколько функций автоматизированной системы управления в одно единое целое.

АСУ ТП выполняет следующие функции:

а) обеспечивает автоматизацию работы главного оборудования на участке, а также его своевременную остановку в случае возникновения опасности в результате произошедшей аварии;

б) создает автоматизацию вспомогательного оборудования на участке;

в) дает возможность при необходимости изменять параметры автоматического режима работы хозяйствующего объекта диспетчером посредством дистанционного пульта управления;

г) осуществляет информирование оператора или диспетчера о состоянии всех технологических операций участка с помощью предоставления информационных данных в реальном времени. Информация поступает не только в виде таблиц, но и различных графических изображений: графиков, трендов;

д) работа архивных данных в круглосуточном режиме;

е) постоянная диагностика производственного оборудования, включающая и самодиагностику.

Немаловажными факторами являются комплексная автоматизация и модернизация производственного оборудования в наши дни, ведь именно это способствует получению огромных прибылей и занятию лидирующих позиций в своей отрасли.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация системы управления установки непрерывной разливки стали.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработка структурной схемы управления;
- 2) выбор оборудования полевого уровня;
- 3) разработка принципиальной электрической схемы системы взвешивания;
- 4) разработка блока управления технологическим процессом;
- 5) разработка информационного блока.

Объект: Установка непрерывной разливки стали.

Предмет: Система управления.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 Аналитический обзор элементов систем непрерывной разливки стали

1.1.1 Методы определения уровня металла в стальковше

В ходе изучения зарубежных технологий и решений по определению уровня жидкости выявлены следующие методы: радиационный, радарный метод и взвешивание. Рассмотрим подробнее эти методы.

1.1.1.1 Радарный метод

Радарный метод подразумевает использование радарных датчиков. Главным элементом данного датчика является радиолокатор, частота излучения которого изменяется по линейному закону. Предполагается, что жидкость отражает излучение локатора, поэтому если расположить излучатель–приёмник внутри резервуара согласно схеме (рисунок 1.1) и фиксировать задержку отражённого сигнала относительно сигнала источника – можно определить уровень жидкости по величине задержки. Для определения задержки используется линейная модуляция частоты источника. Если частота исходного сигнала изменяется по линейному закону (например, непрерывно возрастает), то отражённый сигнал, имеющий временной сдвиг относительно исходного, будет иметь также и меньшую частоту. По величине частотного сдвига можно однозначно судить о величине временной задержки между двумя сигналами, а значит и о расстоянии до поверхности жидкости.

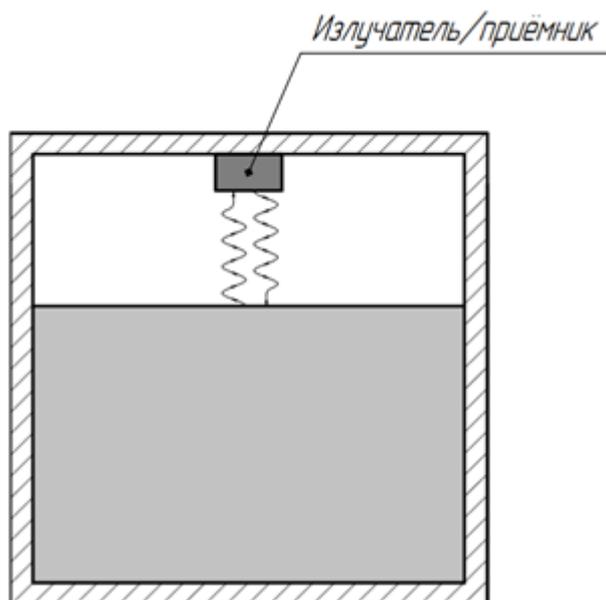


Рисунок 1.1 – Схема измерения радарным датчиком

Дальнейшая обработка полученного сигнала осуществляется в цифровом тракте, и на этом этапе возможна, например, нейтрализация шумовых сигналов, возникающих в результате волнений на поверхности жидкости или поглощения радиоизлучения.

Возможно установка подобных датчиков на крышку стальной ковша, однако агрессивная среда будет способствовать разрушению элементов датчика и непродолжительной эксплуатации.

1.1.1.2 Измерение уровня при помощи радиоактивных изотопов

Измерение уровня при помощи радиоактивных изотопов целесообразно, прежде всего, там, где вследствие наличия специфических условий, а именно: высокого давления, разреженности, агрессивности среды — нельзя использовать обычные приборы. Целесообразно применять радиоактивные изотопы для измерений уровня агрессивных материалов, веществ с повышенной адгезионной способностью, в резервуарах с очень высокими температурами, в резервуарах со встроенными мешалками, в бункерах с такими крупнокусковыми материалами, как уголь или руда, в шахтных печах, в литейном производстве и на металлургических заводах.

В основе измерения при помощи искусственных радиоактивных изотопов лежит принцип поглощения радиоактивного излучения соответствующим материалом, содержащимся в резервуаре. Пучок γ -лучей, излучаемый радиоактивным источником 1, проникает через резервуар по прямой линии (рисунок 1.2). На стенке резервуара, лежащей против излучателя, расположен приемник 2, преобразующий принятые лучи в электрические импульсы. Вследствие поглощения радиоактивных лучей материалом внутри резервуара интенсивность принятого излучения зависит от высоты уровня.

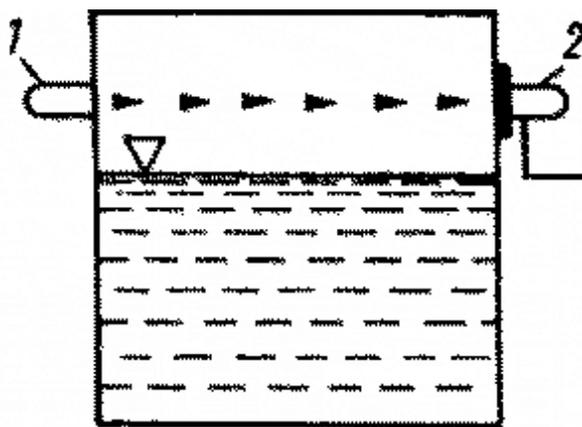


Рисунок 1.2 – Принцип измерения

Возникающие на выходе приемника импульсы, частота которых пропорциональна интенсивности излучения, подводятся к переключающему устройству, реле которого срабатывает, как только число импульсов в единицу времени достиг-

нет минимальной величины. Ввиду того что в большинстве случаев измеряют толстые слои материала, используют преимущественно γ –лучи.

Однако необходимо учитывать, что при наличии металлических стенок большой толщины происходит рассеяние, оказывающее заметное влияние на направление и интенсивность излучения. В принципе для толстых стенок необходимо использование радиоактивного препарата более высокой энергии. Для того чтобы практически иметь дело по возможности со слабыми препаратами и, следовательно, с минимальной радиационной защитой, расстояние между излучателем и приемником должно быть минимальным. В доменных печах, вагранках, шахтных известковообжигательных печах, например, этого можно достичь благодаря уменьшению толщины стенки в местах установки излучателя и приемника путем применения трубок, заделанных с переднего конца. Кроме того, можно приобрести также излучатели с двойной защитной оболочкой. Такая оболочка, состоящая обычно из высококачественной стали, предотвращает рассеяние радиоактивного материала и тем самым загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами.

Ослабление мощности излучения радиоактивного излучателя вследствие поглощения воздухом происходит по квадратичному закону. Степень поглощения радиоактивного излучения твердыми и жидкими материалами зависит в первую очередь от их плотности.

При ступенчатом измерении уровня посредством радиоактивных изотопов можно использовать различные варианты размещения излучателей. Существует возможность сигнализации предельного уровня или измерения ступенями с большей или меньшей дискретностью. В показанном варианте расположения в соответствии с рисунком 1.3 использован один изотоп, испускающий два пучка лучей.

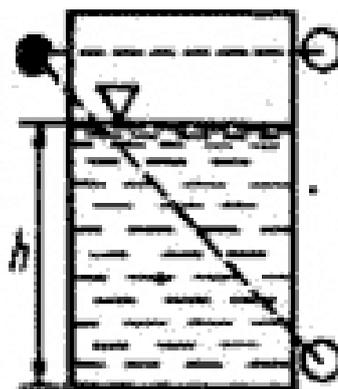


Рисунок 1.3 – Расположение излучателей изотопов

Расположенные на пути прохождения лучей счетчики радиоактивного излучения соединены параллельно. Как видно из графика, превышение пределов h_{max} и h_{min} вызывает резкое изменение частоты повторения импульсов, которое можно использовать для сигнала на пульт управления.

Этот метод можно применить для контроля уровня стали в стальковше, однако радиоактивность источника нежелательна. В случае аварии может произойти прорыв излучателя с выбросом изотопов, что может негативно сказаться на здоровье работников, которые и так работают во вредных условиях.

1.1.1.3 Измерение уровня с помощью весовых датчиков

Контроль за весом ковша позволит контролировать уровень металла. Осуществление подобной схемы возможно с помощью тензорезистивных датчиков.

Схема измерения веса с помощью тензодатчиков приведена на рисунке 1.4.

Тензометрический датчик – основной измерительный элемент, используемый в электронных весах и весоизмерительных системах. Принцип действия тензодатчика основан на преобразовании механической деформации, возникающей при нагрузке датчика, в электрический сигнал. Затем тензодатчик передаёт полученный электронный сигнал на индикаторный прибор, отображающий результат в цифровом виде. Тензорезистивный датчик обычно представляет собой специальную упругую конструкцию с закреплёнными на ней тензорезисторами и другими вспомогательными деталями. После калибровки, по изменению сопротивления тензорезистора можно вычислить степень деформации, которая будет пропорциональна силе, приложенной к конструкции.

Принцип измерения веса при помощи тензодатчиков основан на уравнивании массы взвешиваемого груза с упругой механической силой тензодатчиков и последующего преобразования этой силы в электрический сигнал для последующей обработки.

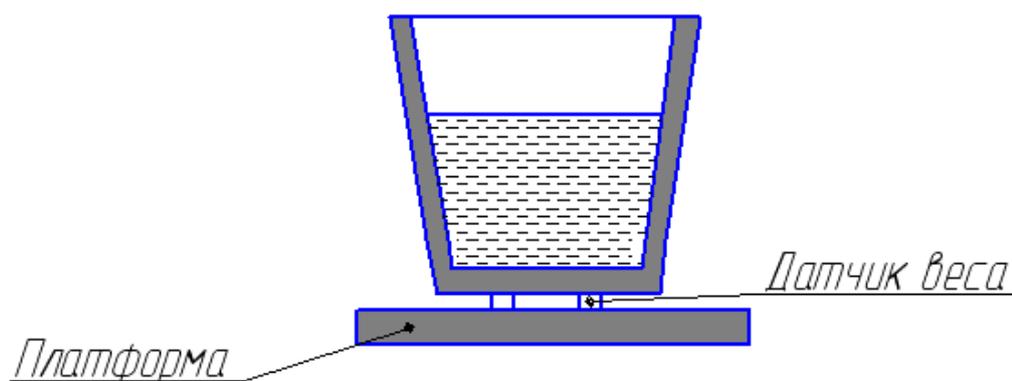


Рисунок 1.4 – Схема измерения веса

Этот метод является наиболее предпочтительным для применения, так как имеет ряд преимуществ по сравнению с другими:

- длительный срок эксплуатации;
- отсутствие вредных и опасных для жизни веществ;
- простота установки.

1.1.2 Методы замера температуры металла в проковше

1.1.2.1 Термопарный метод

Данный метод заключается в использовании при замерах термопар. Термопары широко применяют для измерения температуры различных объектов, а также в автоматизированных системах управления и контроля. Измерение температур с помощью термопар получило широкое распространение из-за надежной конструкции датчика, возможности работать в широком диапазоне температур и дешевизны. Широкому применению термопары обязаны в первую очередь своей простоте, удобству монтажа, возможности измерения локальной температуры. Они гораздо более линейны, чем многие другие датчики, а их нелинейность на сегодняшний день хорошо изучена и описана в специальной литературе. К числу достоинств термопар относятся также малая инерционность, возможность измерения малых разностей температур. Термопары незаменимы при измерении высоких температур (вплоть до 2200°C) в агрессивных средах. Термопары могут обеспечивать высокую точность измерения температуры на уровне $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$. Они вырабатывают на выходе термоЭДС в диапазоне от микровольт до милливольт, однако требуют стабильного усиления для последующей обработки. Схематичное изображение контроля температуры стали в проковше с помощью термопары представлено на рисунке 1.5.

На производстве в данное время используются ручные термопробы, с помощью которых подручный разлившика осуществляет замер температуры в проковше. Данная работа относится к классу особо вредных и требует замены более безопасным способом замера, без участия человека. Хотя этот метод и достаточно точен и дешёв, однако ручной труд помощника замедляет процесс управления.

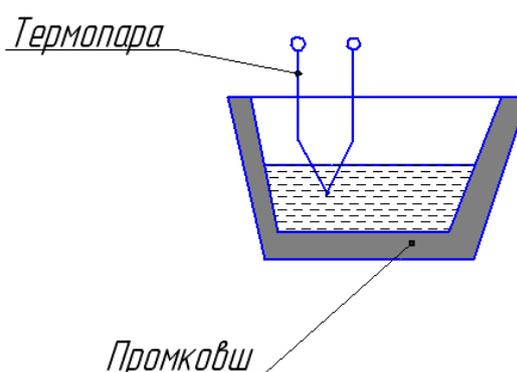


Рисунок 1.5 – Схема замера температуры термопарой

1.1.2.2 Термосопротивления

Термометры сопротивления (иначе называемые термосопротивление) – это устройства для измерения температуры. Принцип действия прибора заключается в изменении электрического сопротивления сплавов, полупроводников и чистых

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

металлов (т.е. без примесей) с температурой. Термометр сопротивления иногда также называется: резистивным датчиком сопротивления.

Чувствительный элемент термометра сопротивления представляет собой резистор, который сделан из пленки или металлической проволоки, и обладающий зависимостью электрического сопротивления от температуры. Проволока намотана на жесткий каркас, сделанный из кварца, слюды или фарфора, и заключена в защитную металлическую (стеклянную, кварцевую) оболочку.

Наиболее популярны термосопротивления из платины. Платина устойчива к окислению, высокотехнологична, имеет высокий температурный коэффициент. Иногда используются термометры сопротивления из меди или никеля.

Термометры сопротивления (термосопротивления) обычно используют для замера температур в диапазоне от минус 263С до плюс 1000 С. У медных термометров сопротивления диапазон значительно меньше – всего лишь от минус 50 С до плюс 180 С. Основное требование к конструкции термометра сопротивления – она должна быть достаточно чувствительной и стабильной, т.е. достаточной для необходимой точности замеров в указанном диапазоне температур при соответствующих условиях использования. Условия использования могут быть как благоприятными, так и неблагоприятными – агрессивные среды, вибрации и т.д.

Обычно термометры сопротивления работают в совокупности с потенциометрами, логометрами, мостами измерительными. От точности этих приборов в значительной степени зависит и точность измерений самого термометра сопротивления (термосопротивления).

Термометры сопротивления могут быть различными: поверхностными, ввинчиваемыми, вставными, с байонетным соединением или присоединительными проводами. Термосопротивления могут использоваться для измерения температуры в жидких и газообразных средах, в климатической, холодильной и нагревательной технике, печестроении, машиностроении и т.д.

Основным минусом термометров сопротивления является необходимость охлаждения, то есть мы можем замерить не саму температуру металла, а температуру стенок промковша, что вносит дополнительную погрешность в показания термосопротивления. Однако в плюсы данного метода замера температуры можно записать возможность контроля температуры не в определенном слое металла, а по всей высоте столба. Схема замера приведена на рисунке 1.6.

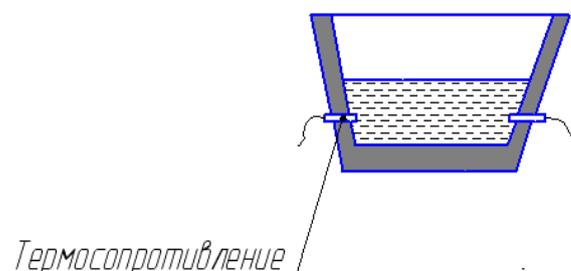


Рисунок 1.6 – Схема замера температуры

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

1.1.2.3 Пирометрический метод

Пирометры — бесконтактные измерители температуры — по-прежнему являются незаменимыми элементами цепей контроля и управления в целом ряде отраслей промышленности — металлургической, машиностроительной, электронной, химической, медико-биологической и т.д. Им нет альтернативы при измерении температуры движущихся (например, металл на прокатном стане), труднодоступных или находящихся в опасных зонах объектов.

Использование современной элементной базы существенно расширило возможности этих приборов и позволило наделить их новыми свойствами — помимо измерения они могут теперь проводить обработку полученной информации и осуществлять сложные действия по управлению технологическим процессом. Снизился их вес, уменьшились габариты, приборы стали проще и удобнее в эксплуатации.

Все это оказалось возможным благодаря применению в приборах новой элементной базы. Использование электроники нового поколения позволило также снизить процент отказов приборов как за счет уменьшения количества используемых элементов, так и за счет высокой надежности каждого из них. Кроме того, более корректно учитывается влияние излучательной способности измеряемого объекта и температуры окружающей среды, что позволило повысить точность измерений в цеховых условиях. Высокая стабильность источников опорного напряжения и цифровое преобразование сигнала приемника излучения в температуру создали предпосылки для увеличения межповерочного интервала пирометров.

Схема замера приведена на рисунке 1.7.

Кратко рассмотрим основные преимущества и недостатки пирометрического метода перед контактными:

Перед контактными методами измерения температуры пирометрические обладают следующими преимуществами:

а) высоким быстродействием, определяемым типом приемника излучения и схемой обработки электрических сигналов. При использовании квантовых приемников излучения (фотодиодов) и быстродействующих аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) постоянная времени может составлять 10^{-6} с;

б) возможностью измерения температуры движущихся объектов и элементов оборудования, находящихся под высоковольтным потенциалом;

– отсутствием искажения температурного поля объекта контроля, что особенно актуально при измерении температуры материалов с низкой теплопроводностью, а также риска повреждения поверхности и формы в случае мягких объектов;

в) возможностью измерения высоких температур, при которых применение контактных средств измерения либо невозможно, либо время их работы очень невелико;

г) возможностью работы в условиях повышенной радиации и температуры окружающей среды (до 250 °С) при разнесении приемной головки и электроники пирометра с помощью опто-волоконного кабеля.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

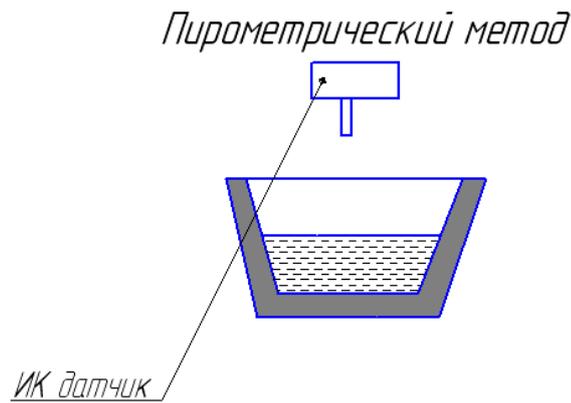


Рисунок 1.7 – Схема замера температуры пирометром

Основными недостатками пирометрических измерений температуры являются трудности полного учета связей между термодинамической температурой объекта и регистрируемой пирометром тепловой радиацией. Необходимо учитывать изменение излучательной способности поверхности ε от длины волны λ в регистрируемом спектральном диапазоне и от температуры T в диапазоне измерений, наличие поглощения излучения в среде между пирометром и объектом контроля, геометрические параметры поля зрения пирометра и его оптической системы, температуру окружающей среды и корпуса прибора.

1.2 Основные направления совершенствования систем разливки

Основными направлениями совершенствования систем разливки являются автоматизация процесса взвешивания стальной ковша и замер температуры в промковше, с последующим управлением подъёмно–поворотным стендом, то есть комплексная автоматизация процесса разливки. Этого можно достичь, применив взвешивание стальной ковша, как один из самых надёжных методов контроля уровня металла в ковше, а так же инфракрасный датчик измерения температуры (пирометр), который исключает из процесса человеческий фактор и является наиболее надёжным по сравнению с другими методами, тем более закрепить датчик над крышкой промковша не сложно.

Выводы по разделу один

Предполагается использовать весоизмерительную систему на основе тензодатчиков, беспроводной канал передачи данных от системы взвешивания на пульт оператора, применить систему управляющих воздействий от контроллера на исполнительные органы ППС и промковша. Предусмотреть возможность архивации и сохранения данных о замерах температуры и веса, а так же действий оператора и самой системы управления. Для выбора места монтажа датчиков потребуется рассмотреть подъёмно–поворотный стенд, ознакомиться с его конструкцией.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Технологический процесс разливки стали

Основные технические данные установки непрерывной разливки стали(УНРС) приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Технические данные УНРС

Параметр		Величина
Количество ручьёв		1
Радиус разливочной дуги, м		8
Максимальная скорость машины, м/мин		2.17
Диапазон рабочей скорости машины в направлении разливки, м/мин	Для сляба толщиной 240мм	0.97–1.22
	Для сляба толщиной 180 мм	1.72–2.17
Металлургическая длина машины, м		25.68
Толщина отливаемого слитка, мм		180–240
Цикл разливки, мин.		50–60
Длина слябов, м		4.5–6.8

Общий вид УНРС приведён на рисунке 2.1.

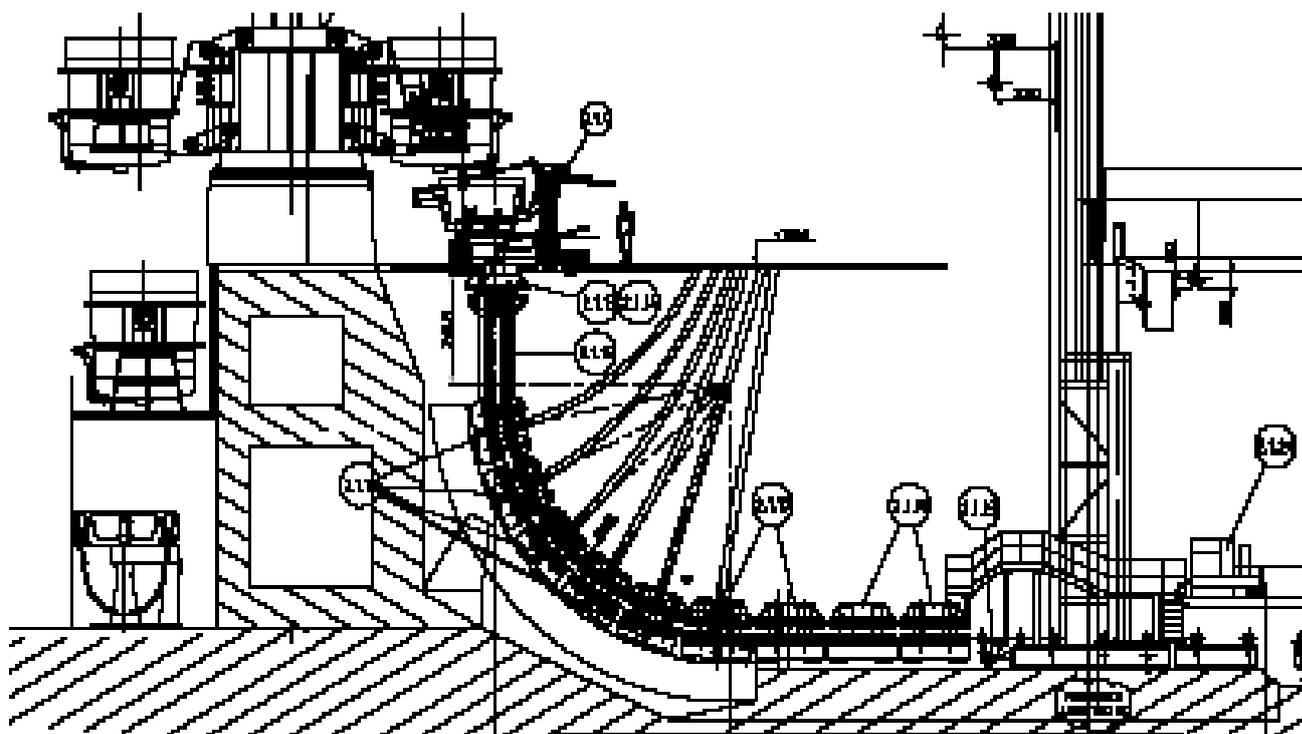


Рисунок 2.1 – Общий вид УНРС

Оборудование:

- 1) устройство для приема стальной ковша – поворотный стенд с независимым подъемом кронштейнов для приема стальной ковша, манипуляторами крышек. Вместимость промковша – 27÷30 тонн;
- 2) тележка промковша – полупортального типа с системой взвешивания, подъема промковша, системой управления стопором, устройством быстрой смены погрузочного стакана;
- 3) кристаллизатор – прямой с изменением ширины и толщины, подвесными роликами;
- 4) механизм качания – гидравлический, высокочастотный, с изменяемой амплитудой и формой кривой качания;
- 5) направляющая ручья – секционированная роликовая система, приводными и не приводными роликами, с гидравлическим разведением верхних траверс, автоматическим подсоединением энергоносителей;
– устройство резки – машина газокислородной резки портального типа.

2.1.1 Поворотный стенд

Общий вид подъемно–поворотного стенда приведен на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Подъемно–поворотный стенд

Основные функции ППС:

- 1) замена над промковшом сталеразливочного ковша в режиме работы «плавка на плавку»;
- 2) изменение положений сталеразливочных ковшей по высоте относительно уровня разливочной площадки;

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

3) осуществление операций по накрытию сталеразливочных ковшей крышками.

Технические характеристики ППС приведены в таблице 2.2.

Поворотный стенд выполняет операцию передачи сталеразливочного ковша из пролёта приёма металла в пролёт разливки.

Таблица 2.2 – Технические характеристики ППС

Параметр		Величина
Ёмкость ковша (горячий металл), т.		110
Полный вес ковша, т.		180
Скорость подъёма, мм/сек.		25
Нагрузки статические, т.	на одной стороне	0/180
	на обеих сторонах	180/180
Число приёмных консолей		2
Угол поворота приёмных консолей		неограничен
Скорость поворота приёмных консолей, об/мин		1
Высота подъёма		800
Межосевое расстояние ковшей, мм		8500
Главный привод вращения		Редукторный с тормозом установки и гидравлической муфтой

2.1.2 Тележка промковша

Функция: транспортировка промежуточного ковша из резервной позиции в рабочую, и обратно, удержание промковша в позиции разливки, перемещения промежуточного ковша по вертикали (установка, замена защитной трубы, опускание в начале разливки, подъем по окончании разливки), юстировка разливочного стакана промковша по центру кристаллизатора, по вертикали; измерение текущей массы металла в промковше. Технические данные тележки промковша приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Техническая характеристика тележки промковша

Параметр		Величина
Тип		полупортальная
Грузоподъёмность, т.		60
Пределы взвешивания жидкой стали, т		0–35
Скорость передвижения, м/мин		20
Привод		электромеханический
Время смены промковша, сек		230
Высота подъёма, мм		500
Скорость подъёма, мм/сек		25

Промковш устанавливается краном на тележку в позиции разогрева. После разогрева промковш переводится в позицию разливки.

2.1.3 Промковш с крышкой

Общий вид промковша представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Промковш

Функция: прием стали из сталеразливочного ковша и передача его в кристаллизатор ручья, обеспечение работы МНЛЗ в режиме «плавка на плавку», повышение чистоты стали за счет создания благоприятных условий для удаления неметаллических включений.

Основные составляющие промковша:

- 1) промковш,
- 2) крышка промковша.

Корпус и крышка промковша выполнены в виде сварных металлоконструкций с футеровкой из огнеупорного материала. Конструкция промковша, его геометрия и полезный объем выполнены исходя из выполнения следующих условий:

- 1) ограничение потерь температуры металла во время разливки,
- 2) исключение возникновения «холодных раковин»,
- 3) создание уровня заливаемой стали, необходимого для эффективного удаления неметаллических включений,
- 4) создание объема металла достаточного для замены сталеразливочных ковшей без снижения скорости разливки.

В верхней части контура корпуса промковша, сваренного из листового проката с гарантированными механическими свойствами, выполнен пояс коробчатого сечения, придающего жесткость промковшу в целом. Пояс выполнен с цапфами для подъема. На днище корпуса имеется отверстие с опорной плитой для размещения разливочного стакана с устройством для его замены. Плита на боковой стенке корпуса предназначена для установки механизма управления стопором. Стенки

корпуса имеют вентиляционные отверстия для отвода пара, образующегося в процессе сушки/нагрева футеровки. Крышка сварной конструкции выполнена с отверстиями для струи металла стальной ванны и горелок устройства для сушки и разогрева промковша и стопора.

2.1.4 Разливочная площадка

Общий вид разливочной площадки представлен на рисунке 2.4.

Функция: разливочная площадка предназначена для размещения необходимого технологического оборудования, площадок обслуживания, необходимого комплекта сменного оборудования, расходных и вспомогательных материалов, создания комфортных и эргономичных условий для технологического и обслуживающего персонала.

Разливочная площадка является рабочим участком для производственного персонала в процессе разливки. Разливочная площадка оснащена огнеупорным покрытием.

Она спроектирована с учетом размещения аварийной емкости для стальной ванны, коробки перелива промковша, аварийного желоба под зоной аварийного разворота стальной ванны до аварийной емкости, шлаковен, устройств для разогрева промковшей, манипулятора для защитной трубы, площадок разлива и обслуживания шибера стальной ванны.

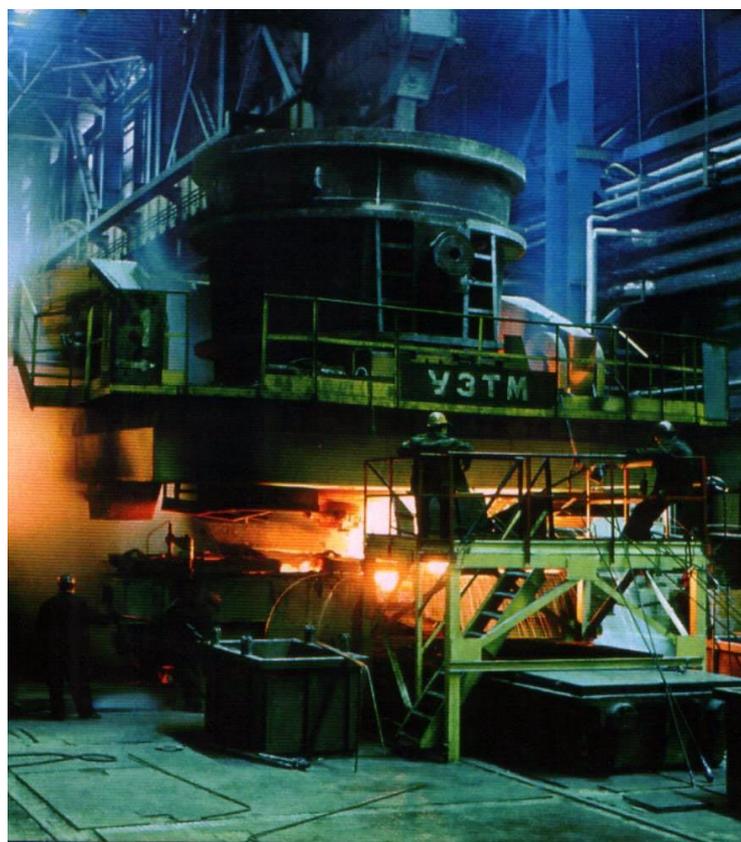


Рисунок 2.4 – Разливочная площадка

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21

2.1.5 Кристаллизатор для литья слябов

Общий вид кристаллизатора представлен на рисунке 2.5.

Функция: принимать и охлаждать жидкий металл в соответствии с потребностями объема разливки, обеспечить требуемую геометрию непрерывнолитого слитка и правильное удаление первичного тепла в начальной фазе формирования корки сляба. Обеспечить регулирование ширины кристаллизатора для литья слябов различных сечений при помощи поставляемого электромеханического устройства. Подгонка тонкой стороны производится в холодном состоянии.

К основным составным частям кристаллизатора относятся:

- 1) базовая рама (корпус) с ёмкостью для воды с центрирующим и крепежным приспособлением и шланговыми соединениями для подвода воды к коллекторам стальных широких, узких стенок и отвода от них,
- 2) широкие стальные стенки с коллекторами подвода и отвода воды, элементами крепления и зажимно – разжимных устройств, а также привинченными медными стенками,
- 3) узкие стальные стенки с подводами и отводами воды, механизмами регулирования положения узкой стенки по ширине кристаллизатора, а также привинченными медными стенками,
- 4) нижние ролики для широких и узких стенок,
- 5) плита кристаллизатора.

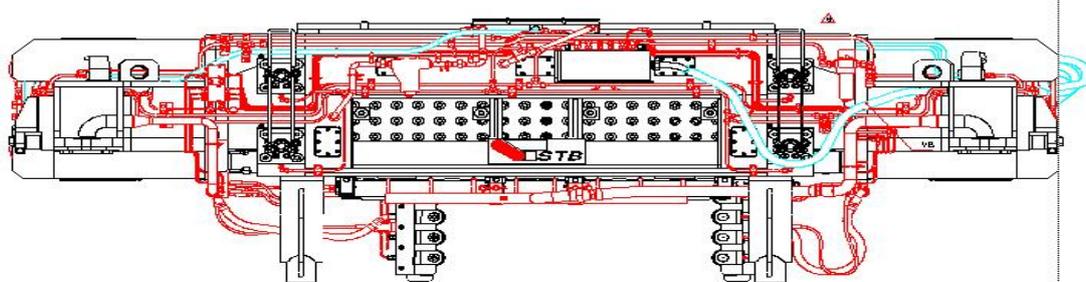


Рисунок 2.5 – Кристаллизатор

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ

Лист

22

К основным составным частям кристаллизатора относятся:

1) базовая рама (корпус) с ёмкостью для воды с центрирующим и крепежным приспособлением и шланговыми соединениями для подвода воды к коллекторам стальных широких, узких стенок и отвода от них;

2) широкие стальные стенки с коллекторами подвода и отвода воды, элементами крепления и зажимно–разжимных устройств, а также привинченными медными стенками;

3) узкие стальные стенки с подводами и отводами воды, механизмами регулирования положения узкой стенки по ширине кристаллизатора, а также привинченными медными стенками;

4) нижние ролики для широких и узких стенок;

5) плита кристаллизатора.

Длина медных плит кристаллизатора определена исходя из достаточности несущей способности образующейся при кристаллизации корочки слитка для противостояния ферростатическому давлению при его транспортировке между роликами сегментов технологического канала.

Корпус кристаллизатора жесткой, водоохлаждаемой конструкции, укомплектован отъемными стальными стенками, системой водоснабжения, устройствами центровки и крепления. Один нижний ролик на каждой широкой стороне с удобным креплением на наружной стороне, и возможностью регулировки в холодном состоянии на стенде в мастерской.

Пакет из четырех нижних роликов на каждой узкой стороне регулируются в холодном состоянии на стенде в мастерской. Кассеты из четырех подпружиненных роликов закреплены на стальных узких стенках. Толщина отливаемого сляба изменяется с помощью замены узких сторон (стальная плита и медная стенка). Комплект, расположенный вдоль фиксированной стороны (базовая стенка кристаллизатора) остается жестко связанной с корпусом. При использовании зажимного – разжимного устройства широкие стенки могут быть разведены в соответствии с вновь настраиваемым размером толщины сляба. При этом гидромеханическим приводом преодолевается усилие тарельчатых пружин, обеспечивающих зажим узких стенок широкими. В этом состоянии возможно перемещение с помощью предусмотренных механизмов комплектов узких стенок для регулирования ширины.

Кристаллизатор укомплектован трубопроводами кабельной разводки, водяного охлаждения и смазки. Комплект кристаллизатора автоматически выставляется и выравнивается при установке на раму механизма качания, затем закрепляется на ней быстроразъёмными соединениями. При этом производится автоматическое подсоединение кристаллизатора к первичной и вторичной системе охлаждения.

Охлаждение широких и узких граней кристаллизатора выполнено независимым. Подача воды для первичного охлаждения осуществляется через качающуюся раму механизма качания, корпус, стальные плиты и нижнюю сторону медных плит. Возврат воды производится через верхнюю сторону медных плит, стальные плиты, корпус, качающуюся раму механизма качания. Для герметизации стыка каналов для прохода воды между корпусом кристаллизатора и рамой механизма

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

качания применены плоские уплотнения. Охлаждение корпуса кристаллизатора по всему периметру водой обеспечивает стабильность положения узких и широких стенок при длительной эксплуатации. В процессе эксплуатации достигается симметричное расширение широких медных стенок благодаря установке по оси симметрии этой стенки в сопряжении со стальной призматической шпонки. Нижние ролики охлаждаются водой вторичного охлаждения слитка. Подача воды осуществляется через качающуюся раму механизма качания, корпус кристаллизатора к распылительным форсункам.

Все подшипники нижних роликов и их опор подключены к централизованной системе консистентной смазки. Кабель от термопар системы прогнозирования прорыва соединяется с трассой быстроразъемным соединением.

Датчики уровня металла в кристаллизаторе установлены в верхней части базовой стенки кристаллизатора.

2.1.6 Машина газокислородной резки

Функция: разделение выходящего из машины слитка на предварительно определенные мерные длины. Отделение хвостовой части слитка в конце разливки, и надрез головной части слитка в начале разливки. Внешний вид машины представлен на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Общий вид машины газокислородной резки

Выводы по разделу два

Основным направлением совершенствования данного комплекса является автоматизация разливки стали из сталковша, а именно автоматический поворот подъемно-поворотного стенда, в зависимости от введенных установок.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Подъемно–поворотный стенд

Требования, которым должна удовлетворять конструкция стенда:

- 1) манипулировать стальковшом: подъем, опускание, транспортировка поворот на 180° из позиции загрузки в рабочую позицию (позицию разливки);
- 2) обеспечить максимально свободным пространство, где размещаются механизм качания и узлы подвода воды в кристаллизатор;
- 3) обеспечить защиту несущих элементов конструкции, а также привода подъема и поворота, от воздействия жидкого металла и тепловых излучений;
- 4) трудоемкость изготовления деталей стенда должны быть относительно низкой, а технологичность конструкции соответственно высокой.

Поворотные стенды, которые получили подавляющее распространение в мировой практике, состоят из опорной колонны, поворотных частей с приводом поворота и подъема сталеразливочных ковшей. Преимуществом поворотных стендов является их компактность.

3.1.1 Описание конструкции стенда

Подъемно–поворотный стенд для сталеразливочных ковшей установок непрерывной разливки металлов включает основание, поворотную платформу, опорно–поворотную часть, механизм поворота, несущую раму с траверсами для сталеразливочных ковшей, механизм подъема и опускания ковшей (рисунок 3.1).

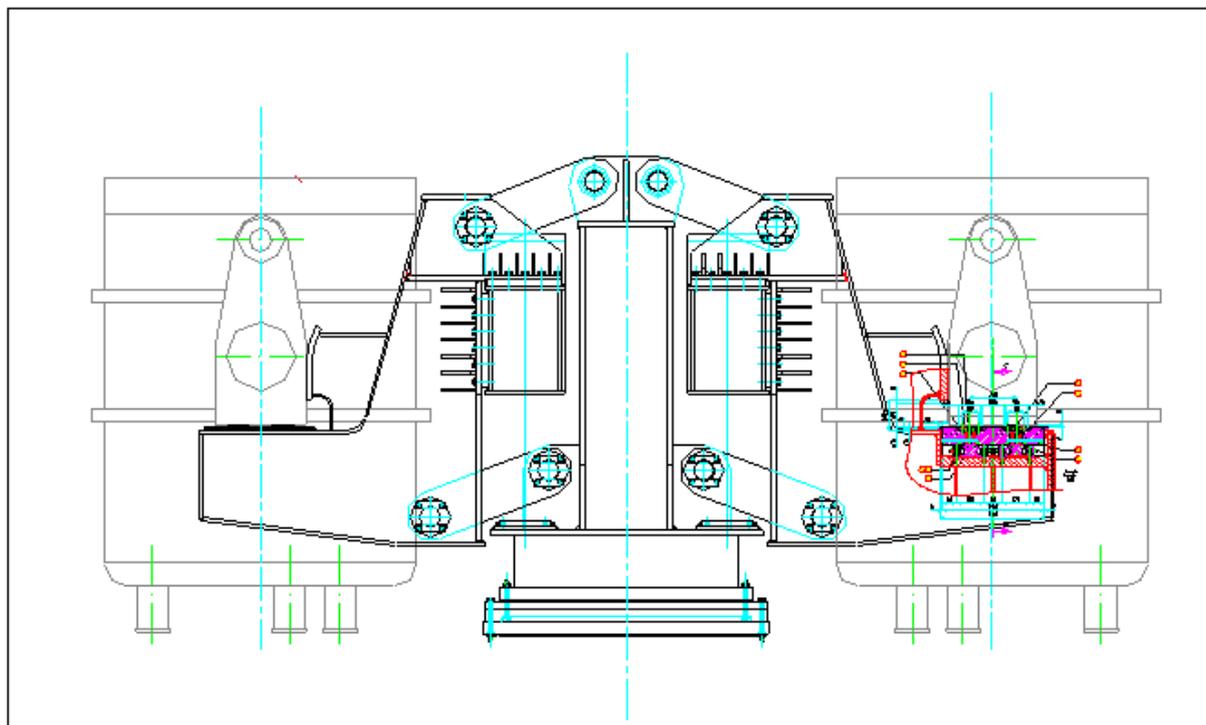


Рисунок 3.1 – Подъемно–поворотный стенд

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ

Лист

25

Платформа поворачивается на роликах, заключенных в кольцевую обойму и расположенных между опорным кольцом на платформе и круговым рельсом на основании. Поворот платформы осуществляется двумя электродвигателями через цилиндрический редуктор, коническую и цилиндрическую передачи.

Стенд предназначен для приема сталеразливочных ковшей с жидким металлом в печном пролете, перемещения их из резервной позиции в рабочую над промежуточным ковшом, обеспечения длительной разливки в режиме “плавка на плавку” или одиночными плавками, а также для слива металла в аварийных ситуациях в специальные емкости в резервной позиции.

Подъемно–поворотный стенд сталеразливочных ковшей – двухпозиционный с индивидуальными для каждого из двух ковшей траверсами, закрепленными с помощью двух пар параллельных звеньев на поворотном корпусе, который надет с помощью конического соединения на верхнюю часть колонны, оборудован механизмом поворота и индивидуальными механизмами подъема для каждой травес.

Кинематическая схема ППС приведена в соответствии с рисунком 3.2. Поворотная часть стенда выполнена в виде вертикальной колонны 1, установленной в трех радиальных 2,3 и одном упорном 4 подшипниках. Снизу колонна через зубчатую передачу 5, включающую зубчатое колесо и две шестерни, связана с приводами поворота.

Корпуса гидроцилиндров подъема 13 с помощью цапф закреплены на кронштейнах поворотного корпуса, а их штоки, через цилиндрические подпятники упираются в поперечные балки траверс. В каждую из четырех консолей траверс встроено устройство для защиты струи металла между сталь и промковшами. С помощью этого устройства производится установка защитной огнеупорной трубы 16 на выпускном коллекторе шиберного затвора.

Привод поворота состоит из корпуса, в котором смонтировано зубчатое колесо связанное с двумя вал–шестернями, вертикальной колонны, являющейся выходным валом привода, и двух быстроходных приводов. Каждый привод включает двигатель постоянного тока 7 с тахогенератором 6 и быстроходный редуктор 9. Поворот стенда может осуществляться от любого из двигателей, обеспечивающих заданное ускорение и замедление, что требуется для предотвращения выплескивания. Колонна имеет одну (верхнюю) подшипниковую опору, установленную в корпусе и нижнюю, роль которой выполняют подшипники зубчатого колеса.

Вертикальная нагрузка на колонну воспринимается опорным подшипником. Крутящий момент от зубчатого колеса на колонну передается с помощью двух шпонок с цилиндрическими хвостовиками.

Быстроходные приводы (основной и резервный) с помощью соединительных зубчатых муфт 15 могут подключаться к соответствующим валам–шестерням, установленным в корпусе привода.

Для ограничения хода при повороте стенда и достижения точной остановки, на валу шестерни зубчатой передачи устанавливается командоаппарат 10 с встроенным редуктором.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

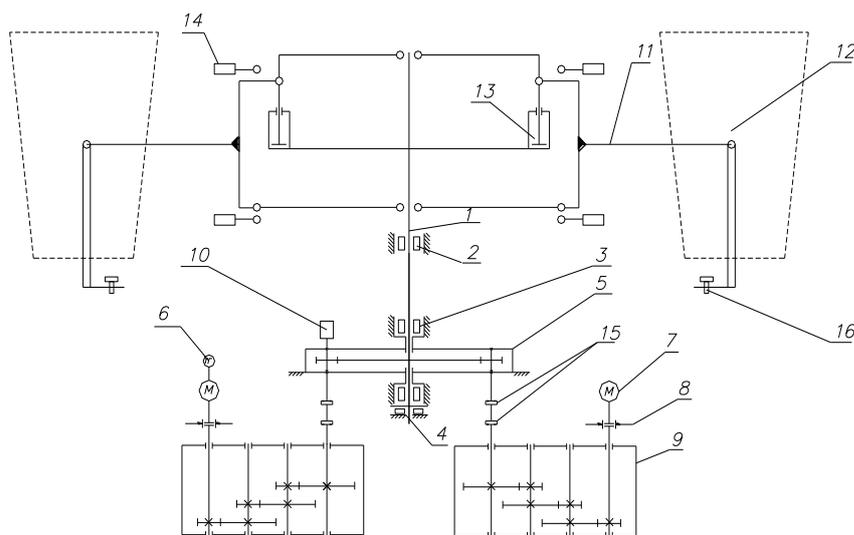


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема ППС:

1 – поворотная вертикальная колонна, 2, 3 – радиальный подшипник, 4 – радиально–упорный подшипник, 5 – зубчатая передача, 6 – тахогенератор, 7 – электродвигатель, 8 – тормоз, 9 – быстроходный редуктор, 10 – командоаппарат, 11 – траверса, 12 – сталеразливочный ковш, 13 – гидроцилиндр механизма подъёма, 14 – конечный выключатель, 15 – зубчатая муфта, 16 – устройство для защиты струи

Для фиксации станда после остановки служат электромеханические тормоза 8 типа ТКП–200, которые выполнены с добавлением узла крепления их в вертикальном положении.

3.1.2 Описание работы станда

Для осуществления непрерывной разливки ковш устанавливается в рабочее положение, на него, а именно на одну из консолей, краном устанавливается стальковш с расплавленным металлом. Стальковш накрывается крышкой, которая опускается посредством гидравлического привода. Делается это для предотвращения быстрого остывания ковша. В ковш начинает подаваться аргон, который перемешивает расплавленный металл, не допуская его прилипания к стенкам. После окончания разливки, т.е. после управляющего воздействия со стороны оператора ППС поворачивается, располагая над промковшом свежий стальковш с металлом, благодаря чему разливка не прерывается.

3.1.3 Разработка структурной схемы управления установкой

Требуется осуществить взвешивание стальковша на подъёмно–поворотном станде и автоматический контроль температуры. Разработку схемы выполняем в соответствии с рекомендациями [1]. Система автоматизации должна включать как

циклами ввода–вывода данных устройств распределённой периферии. Считывание входных сигналов и выдача управляющих воздействий производится через программы контроллера. В качестве ведомых устройств могут использоваться станции ET 200M и ET 200S, укомплектованные модулями, поддерживающими режим тактовой синхронизации. То есть сигнал приходит на сигнальный модуль, затем через P–шину на интерфейсный модуль, и пакет данных отправляется по шине ProfibusDP в контроллер.

Для устранения человеческого фактора из процесса разливки так же требуется заменить замер температуры в промковше ручным термометром на автоматизированную систему, основанную на инфракрасном датчике температуры. Сигнал с датчика передаётся по проводной схеме, воспринимается сигнальным модулем и затем обрабатывается контроллером.

Для реализации механизма управления сигнал контроллера должен дойти до исполнительных механизмов. Эта задача решается теми же методами, что и приём сигнала с первичных преобразователей, т.е. установкой распределённой периферии с аналоговыми модулями вывода.

3.2 Разработка полевого уровня

3.2.1 Выбор тензодатчиков

Выбор и установку тензодатчиков выполняем исходя из рекомендаций и примеров конструкций [2]. Для изучения характеристик и подбора наилучшего датчика изучим отечественные и зарубежные предложения.

На сегодняшний день ассортимент тензометрических датчиков, или датчиков силы, представлен в многообразии. Огромное количество образцов от разных компаний, различных по цене и качеству. Но как же выбрать подходящий прибор?

Рассмотрим несколько ключевых моментов, которые следует учесть.

Первое, что нужно учитывать при выборе тензодатчиков – это наибольший предел измерения (НПИ). Точнее, следует помнить, что номинальная нагрузка на него не должна превышать НПИ, несмотря на то, что фактически датчик имеет дополнительный запас прочности. Особо важные конструкции требуют наличия дополнительного запаса НПИ.

Не менее важна конструкция тензодатчика, которая зависит от назначения весовой системы и конструктивных особенностей места установки.

Материал тензодатчика. Наиболее распространены тензометрические датчики из легированной стали, нержавеющей стали и алюминия. Одноточечные тензодатчики, как правило, изготавливаются из алюминия, а остальные – из легированной стали.

Класс точности тензодатчика. На практике классы точности тензодатчиков соответствуют от D1 до C6, хотя в соответствии с OIML R 60 распространяются в очень широком диапазоне. Более распространенным является класс точности C3 (комбинированная погрешность приблизительно 0.02%). Необходимость в более точных датчиках требует обоснования.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Схема подключения тензодатчика. В обычных случаях используется "четырёхжильная" схема подключения. Если же в сопротивлении кабелей смежных тензодатчиков присутствует большая разница, то используется "шестижильная" схема подключения, которая компенсирует электрическое сопротивление их кабелей.

Также, выбирая тензометрические датчики, следует обратить внимание на такие характеристики, как: рабочий коэффициент передачи, рабочий диапазон температур, класс защиты, длину и диаметр кабеля, рекомендуемое и максимальное напряжение питания, входное и выходное сопротивление.

4517 ДВЦ – датчик тензорезисторный весоизмерительный (цифровой). Внешний вид датчика приведён на рисунке 3.4. Технические характеристики в таблице 3.1.

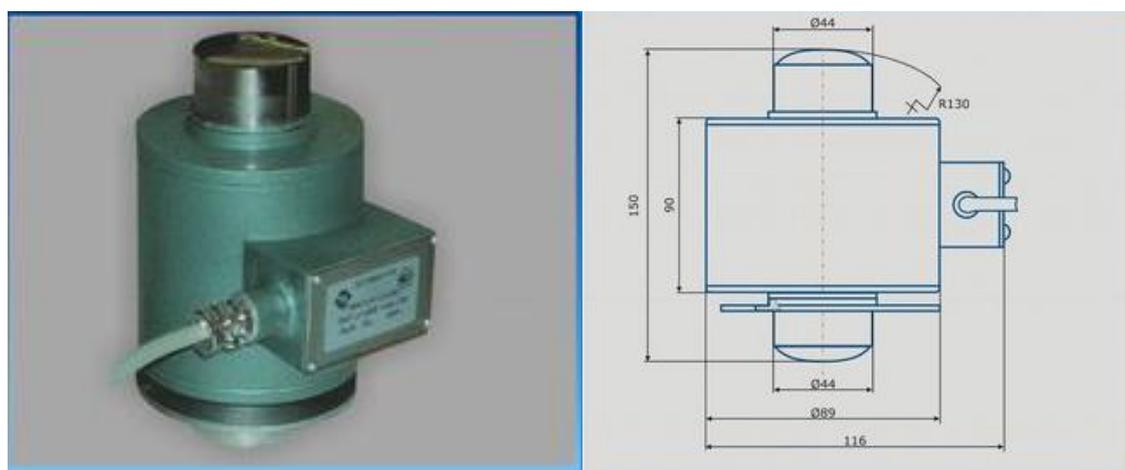


Рисунок 3.4 – Внешний вид датчика 4517 ДВЦ

Таблица 3.1 – Технические характеристики датчика

Параметр	Величина
Наибольший предел измерения (НПИ), т	20;50
Класс точности по ГОСТ 30129	С3
Число поверочных интервалов, ед.	3000
Рабочий коэффициент передачи (РКП) при НПИ, мВ/м	1,5
Диапазон рабочих температур, град. С	-50...+50
Степень защиты оболочки	IP68
Напряжение питания постоянным током, не более, В	36
Масса, кг	4
Интерфейс верхнего уровня	RS485
Протокол передачи данных	Modbus RTU– CAN2.0B

Датчик МВ. Внешний вид датчика приведён на рисунке 3.5. Тензодатчики сжатия типа колонна с плоским основанием. Используются для изготовления дина-

мических автомобильных и железнодорожных весов, для взвешивания тяжелых емкостей и баков.



Рисунок 3.5 – Внешний вид датчика МВ

Благодаря конструктивным особенностям легко встраиваются в весоизмерительные системы, обеспечивают высокую надежностьстройки, могут работать в любых условиях окружающей среды, имеют большой запас по перегрузочной способности. Технические характеристики датчика приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики датчика сжатия МВ

Параметр	Величина
Наибольший предел измерения (НПИ), т	25;50;100
Класс точности по ГОСТ 30129	С1
Число поверочных интервалов, ед.	1000
Рабочий коэффициент передачи (РКП) при НПИ, мВ/м	1,5
Сопротивление мостовой схемы входное, Ом	760
Сопротивление мостовой схемы выходное, Ом	700
Диапазон рабочих температур, град. С	-50...+50
Разрушающая перегрузка, % от НПИ	300
Степень защиты оболочки	IP68
Напряжение питания постоянным током, В	12
Сопротивление изоляции, ГОм	5
Материал корпуса датчика	Нержавеющая сталь

EsitHRC (Турция). Внешний вид датчика представлен на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Внешний вид датчика HSC

Тензодатчики типа HSC были разработаны для измерения силы и массы с высокой точностью при высоких перегрузках и работают по принципу сжатия. Безупречная и надежная конструкция корпуса позволяет выдерживать большие горизонтальные и вертикальные нагрузки и тяжелые условия эксплуатации. Корпус имеет степень защиты IP68, выполнен из специальной стали и покрыт антикоррозийной краской, область тензорезисторов закрыта приваренной крышкой из нержавеющей стали. Областью применения датчиков HSC являются в основном большегрузные автомобильные и вагонные весы, системы взвешивания цистерн, автоматические системы взвешивания и т.п. Технические характеристики датчика приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристики датчика HSC

Параметр	Величина
Наибольший предел измерения (НПИ), т	40;60;100
Класс точности по ГОСТ 30129	C3
Число поверочных интервалов, ед.	1000
Рабочий коэффициент передачи (РКП) при НПИ, мВ/м	2
Сопrotивление мостовой схемы входное, Ом	385
Сопrotивление мостовой схемы выходное, Ом	350
Диапазон рабочих температур, град. С	-40...+80
Максимальная перегрузка, % от НПИ	150
Разрушающая перегрузка, % от НПИ	300
Степень защиты оболочки	IP68
Напряжение питания постоянным током, В	12
Сопrotивление изоляции, ГОм	5
Материал корпуса датчика	Нержавеющая сталь
Масса, кг	22,5

Тензодатчик DF(Италия). Технические характеристики датчика приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Характеристики датчик DF

Параметр	Величина
Наибольший предел измерения (НПИ), т	10–100
Класс точности по ГОСТ 30129	C3
Число поверочных интервалов, ед.	1000
Рабочий коэффициент передачи (РКП) при НПИ, мВ/м	1
Сопrotивление мостовой схемы входное, Ом	373
Сопrotивление мостовой схемы выходное, Ом	350
Диапазон рабочих температур, град. С	-40...+80
Максимальная перегрузка, % от НПИ	300
Разрушающая перегрузка, % от НПИ	300
Степень защиты оболочки	IP66

Продолжение таблицы 3.4

Параметр	Величина
Напряжение питания постоянным током, В	10 – 15
Сопротивление изоляции, ГОм	2
Материал корпуса датчика	Нержавеющая сталь
Масса, кг	13–32

Датчики итальянской фирмы «TERMORAMSEYITALIASRL» являются наиболее оптимальным вариантом в нашем случае. Они обладают требуемым диапазоном рабочих температур, требуемой формой, которая отлично подходит для установки в ППС без дополнительных механических изменений, приемлемой погрешностью согласно классу точности. Так как вес стальной конструкции с металлом не превышает 200 тонн, то установим 4 датчика с номинальной нагрузкой 100 тонн DF100. Вид датчика с габаритными размерами представлен на рисунке 3.7.

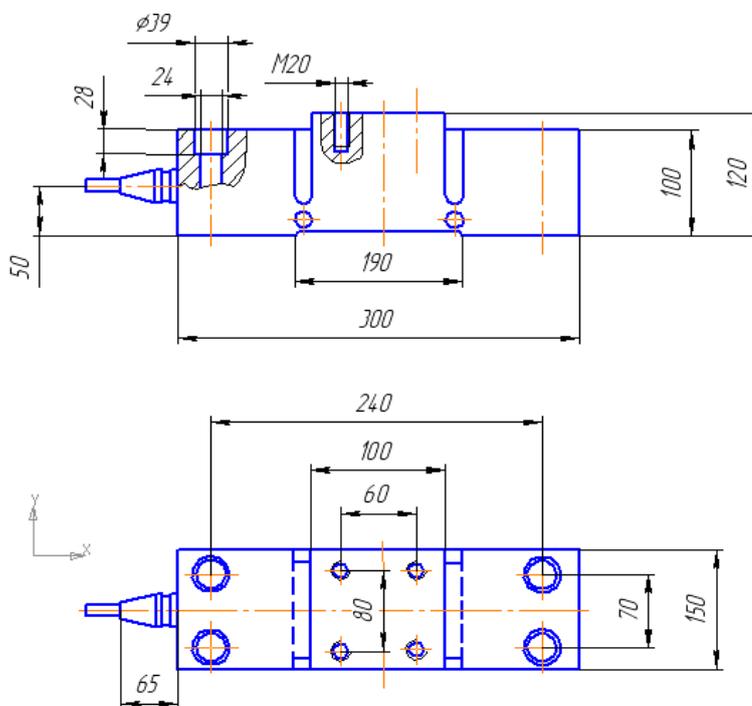


Рисунок 3.7 – Габаритные размеры датчика DF100

Монтаж датчиков осуществляется на специально подготовленные для этого места в корпусе консолей ППС. Каждый датчик прикручивается к металлической конструкции 4-мя винтами. Для предотвращения воздействия на датчики высоких температур стальной конструкции поверх датчиков устанавливается передающая усилие конструкция, которая фиксируется 4-мя винтами на каждом из двух датчиков, как представлено на рисунке 3.8. Прокладка кабеля осуществляется внутри металлических трубок, в подвижных местах используются металлорукава, защищённые от воздействия высоких температур. Для дополнительного охлаждения датчиков и

создания для них требуемых рабочих условий предполагается обдув их сжатым воздухом.

Провода от датчиков заводятся в клеммные коробки, в которых так же располагается суммирующая плата. Предназначение данного устройства, изначально кажется простым и понятным. Функция суммирующей платы соединение между собой группы тензодатчиков, для формирования результирующего сигнала о весе.

Суммирующая плата, в составе электронных весов и весодозирующих систем, также выполняет очень важную функцию – это выравнивание угловых нагрузок, вне зависимости от расположения груза на грузоприемном устройстве.

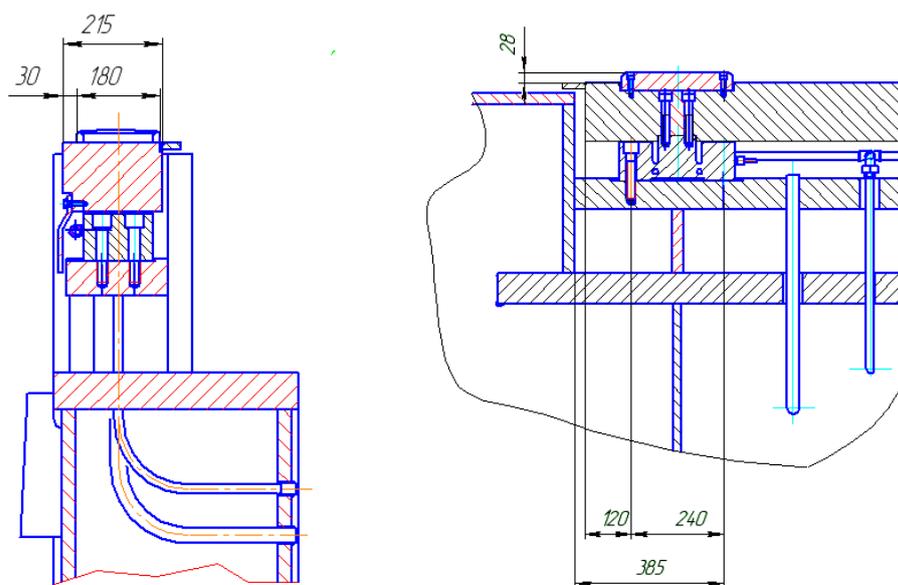


Рисунок 3.8 – Установка тензодатчиков

В идеальном состоянии весы не зависимо от того где располагать контрольный груз, должны индицировать одно и тоже показание веса – вес контрольного груза. Но ряд факторов, таких как, некачественное изготовление фундамента, сборка составной платформы приводит к тому, что грузоприемное устройство неравномерно распределяет нагрузку по всем тензодатчикам. Следовательно, в результате этого часть тензодатчиков воспринимает большую нагрузку, а часть остаются недогруженными, что приводит к неравномерному распределению веса.

Когда нагрузка неравномерно распределена по датчикам веса, в процессе эксплуатации, а вернее еще при калибровке и поверке, весы будут индицировать показания веса в зависимости от расположения контрольного груза на платформе. Это конечно неприемлемо для весоизмерительных систем. Для устранения данного негативного фактора необходимо убрать физические причины неравномерного распределения нагрузки, как правило, это – некачественное выполнение строительной части работ, ошибки в сборке, проектировании грузоприемного устройства, неточность в выполнении замеров и принятии работ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ

Лист

34

3.2.2 Выбор цифрового преобразователя сигнала

Для преобразования аналогового сигнала тензодатчиков и для последующей передачи цифрового сигнала на радиомодем используем надёжные и недорогие модули SenecaZ–SG, которые полностью удовлетворяют нас по своим техническим характеристикам.

Общий вид модуля приведён на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Модуль SenecaZ–SG

Модуль Z–SG – преобразователь сигнала тензодатчиков. При измерении используется 4-проводная схема подключения датчиков, передача данных осуществляется через протокол Modbus–RTU. Особенности модуля:

1) подключение блока питания и последовательного интерфейса RS485 осуществляется посредством шины, монтируемой на DINрейку.

2) настройка модуля осуществляется с помощью специального ПО или встроенных двухпозиционных переключателей на боковой стороне модуля;

3) калибровка тензодатчика на стандартный вес;

4) калибровка тензодатчика не требуется, если известна чувствительность тензодатчика;

5) настраиваемый дискретный вх/вых;

6) подавление частот 50–60 Гц;

7) удаленный ввод веса тары во временную или постоянную память осуществляется посредством цифрового входа/регистра Modbus/команд Modbus;

8) чувствительность от ± 1 до ± 64 мВ/В, настраивается встроенными двухпозиционными переключателями для целых значений или с помощью ПО для действительных/ целых значений;

9) широкие возможности конфигурирования при помощи программы Z–NET3.

Модуль преобразует сигнал тензодатчика в цифровые данные, доступные по ModBUS–RTU протоколу (RS485 или RS232). Настройка параметров последовательного соединения может быть сделана при помощи Modbus RTU или встроенными двухпозиционными переключателями, тогда как настройки выбираемые группой SW2 не могут быть сделаны через Modbus RTU (за исключением чувстви-

тельности). Модуль разработан для установки в вертикальном положении на DIN-реку. Схема подключения 4-хпроводных датчиков приведена на рисунке 3.10.

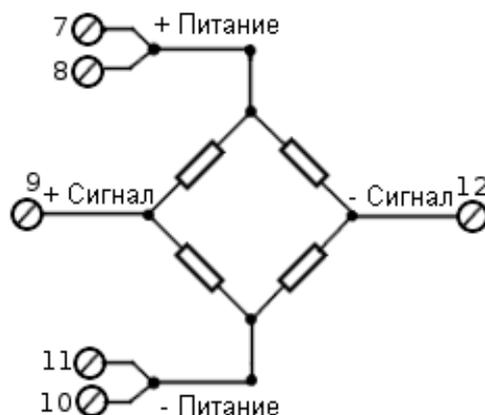


Рисунок 3.10 – Схема подключения датчика к модулю

3.2.3 Выбор радиомодема

3.2.3.1 Радиомодем «Невод»

Спектр радиомодемов, представленных на отечественном и зарубежном рынках, достаточно велик, рассмотрим несколько представителей, подбирая оптимальный вариант.

Радиомодем НЕВОД предназначен для передачи и приема цифровой информации при работе в составе распределенных сетей телеметрии, управления и автоматизации технологических процессов. Радиомодем представляет собой программно–управляемое приемно–передающее устройство, преобразующее сигналы стандартных последовательных интерфейсов RS 232 или RS 485 в радиочастотные послылки и обратно. Конфигурация радиомодема осуществляется через последовательный интерфейс набором команд. Прибор выполнен в пластмассовом корпусе, в котором установлена печатная плата. Внешний вид радиомодема приведён на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 – Радиомодем Невод–5

Технические характеристики приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики радиомодема

Параметр	Величина
Напряжение питания, В	10...25
Потребляемый ток в режиме приема (от 12 В), мА	80
Потребляемый ток в режиме передачи (от 12 В), мА	150
Выходная мощность передатчика, мВт	10
Волновое сопротивление нагрузки, Ом	50
Допустимый температурный диапазон, град. С	-40...+70
Режим передачи	симплексный
Диапазон частот, МГц	434,92 ± 0,2%
Максимальная скорость передачи данных, бит/с	19200
Внешние интерфейсы	RS 232, RS 485
Габаритные размеры, мм	118 x 70 x 50
Способ установки	35 x 7,5 мм
Масса, кг	0,2

3.2.3.2 Радиомодем Спектр–9600GM

Радиомодем предназначен для осуществления обмена данными по радиоканалу в диапазоне частот 402–469 МГц с разбивкой на поддиапазоны 402–406 МГц, 412–427 МГц, 433–447 МГц и 450–469 МГц со скоростями 4800, 9600, 14400 или 19200 бод.

Области применения радиомодема:

- 1) телеметрия;
- 2) системы охраны и безопасности;
- 3) системы удаленного управления.

Внешний вид радиомодема приведён на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12 – Радиомодем Спектр–9600GM

Радиомодем "Спектр 9600GM" представляет собой функционально и конструктивно законченное устройство для приема и передачи данных по радиоканалам (расстояние между соседними радиоканалами 25 кГц) в диапазоне частот 402–469 МГц (с разбивкой на поддиапазоны). Обмен данными в радио эфире осуществляется в полудуплексном режиме со скоростями 4800, 9600, 144000 и 19200

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

бод. Выходная мощность передатчика радиомодема регулируется и составляет от 0.25 до 3.5 Вт. При соответствующем выборе антенн и их расположении это достаточно для организации радиосвязи на расстоянии около 10–20 км в условиях прямой видимости и до 5–10 км в городе, а при необходимости покрытия больших расстояний можно воспользоваться возможностью радиомодема работать в качестве ретранслятора.

Радиомодем может работать в нескольких режимах (прозрачный, пакетный, ретранслятор) с развитой системой адресации, позволяя пользователю максимально гибко использовать его при построении различных конфигураций сетей беспроводной передачи данных: точка – точка, точка – много точек, точка – много точек с базовой станцией и их комбинации.

Обмен данными с источником (получателем) информации осуществляется по последовательному порту RS–485 или RS 232 с аппаратным управлением потоком данных (линии CTS и RTS). Входные /выходные потоки буферизируются (размер буфера – 8 К).

Параметры, необходимые для конфигурации радиомодема – скорость обмена в эфире, параметры модуляции, параметры и состав пакетов данных, включение /выключение помехоустойчивого кодирования и перемежения, установки последовательного порта, адресация, режимы работы радиомодема, рабочая частота и другие установки – задаются программированием при помощи специальной программы, и хранятся в энергонезависимой памяти радиомодема.

Радиомодем позволяет проводить удаленное конфигурирование по эфиру.

Радиомодем имеет встроенный высокоэффективный (~80% КПД) преобразователь напряжения с диапазоном входного напряжения от 10 до 50 В (возможно расширение верхней границы входного напряжения до 50 В). Основные технические характеристики модема сведены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Технические характеристики радиомодема

Параметр	Величина
Напряжение питания, В	10...50
Потребляемый ток в режиме приема (от 12 В), мА	70
Потребляемый ток в режиме передачи (от 12 В), мА	1.5
Выходная мощность передатчика, мВт	10
Волновое сопротивление нагрузки, Ом	50
Допустимый температурный диапазон, град. С	–40...+60
Режим передачи	полудуплексный
Диапазон частот, МГц	402–406 / 412–427 /433–447 / 450–469
Максимальная скорость передачи данных, бит/с	19200
Внешние интерфейсы	RS 232, RS 485
Габаритные размеры, мм	154 x 122x51
Способ установки	Din–рейка 35x7,5 мм
Масса, кг	0,2

3.2.3.3 Радиомодем RipEX компании RACOM (Чехия)

Внешний вид радиомодема представлен на рисунке 3.13.

Представитель зарубежных радиомодемов, однако, из-за высокой цены малоприменим в российской промышленности, хотя и обладает неплохими характеристиками и рядом преимуществ по сравнению с отечественными модемами. Технические характеристики сведены в таблицу 3.7



Рисунок 3.13 – Радиомодем RipEX

Таблица 3.7 – Технические характеристики радиомодема

Параметр	Величина
Напряжение питания, В	10...30
Потребляемый ток в режиме приема (от 12 В), мА	70
Потребляемый ток в режиме передачи (от 12 В), мА	1.5
Выходная мощность передатчика, мВт	10
Волновое сопротивление нагрузки, Ом	50
Допустимый температурный диапазон, град. С	-40...+70
Режим передачи	полудуплексный
Диапазон частот, МГц	330-350, 368-400 400-432, 432-470
Максимальная скорость передачи данных, бит/с	19200
Внешние интерфейсы	RS232 DB9F, 10/100 Base-T Auto MDI/MDIX RJ45, RS485, USB 1.1 Хоста А
Габаритные размеры, мм	150 x 118x50
Способ установки	Din-рейка 35x7,5 мм
Масса, кг	1.1

Исходя из требований к радиомодему, а именно невысокая стоимость, небольшой размер, возможность монтажа на DIN-рейку, выбираем модем Невод-5.

Радиомодемы "Невод" предназначены для передачи и приема цифровой информации при работе в составе распределенных сетей телеметрии, управления и автоматизации технологических процессов. Радиомодемы представляют собой программно–управляемые приемно–передающие устройства, преобразующие сигналы стандартных последовательных интерфейсов RS–232 или RS–485 в радиочастотные посылки и обратно. Конфигурация таблицы параметров осуществляется через последовательный интерфейс набором команд. Радиомодемы имеют колодку контактов для быстрого подключения кабелей питания и интерфейса, а также светодиодные индикаторы для отображения состояния цепей изделия. Состав модема представлен на рисунке 3.14.

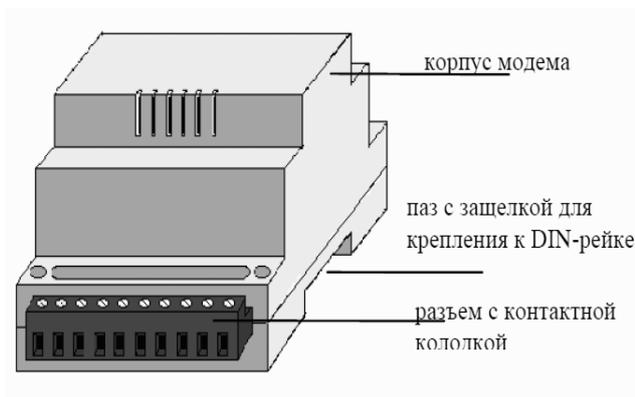


Рисунок 3.14 – Модем Невод–5

3.2.3.4 Монтаж модема

Монтаж устройства осуществляется на стандартную DIN–рейку. Поскольку корпус прибора не герметичен, для эксплуатации в промышленных условиях радиомодем должен помещаться в шкаф, обеспечивающий необходимую степень защиты от пыли и влаги. Установка изделия на DIN–рейку производится в следующем порядке (рисунок 3.15):

- 1) расположить изделие контактной колодкой вниз. Отвести вниз защелку, входящую в паз для крепления к DIN–рейке;
- 2) установить изделие на DIN–рейку так, чтобы выступы в верхней части паза зашли за край рейки;
- 3) сдвинуть защелку вверх до упора.

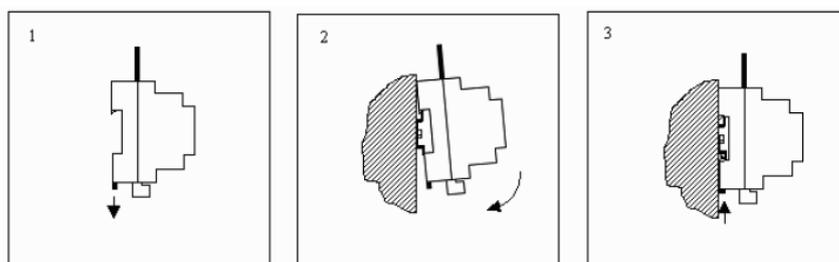


Рисунок 3.15 – Монтаж модема

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ

Лист

40

3.2.3.5 Передача сигнала

Передача сигнала будет осуществляться в потоковом режиме. В этом режиме радиомодем осуществляет потоковую передачу данных в формате, определяемом внешним устройством. Радиомодем не подсчитывает контрольных сумм, и не осуществляет никакой коррекции передаваемых данных. Соответственно, в принимаемых данных могут быть ошибки вида:

- 1) искажение передаваемого байта (89% от всех ошибок искажения);
- 2) вставка нулевого байта (5.5% от всех ошибок искажения);
- 3) вырезка байта данных (5.5% от всех ошибок искажения);
- 4) прием части пакета с обрезкой конца (сильные помехи);
- 5) полная потеря пакета (сильные помехи).

Адресация также полностью определяется внешним устройством.

Максимальная длина пакета, передаваемого в потоковом режиме, ограничена несколькими факторами, и составляет приблизительно 1000–1500 байт. Управление радиомодемом в потоковом режиме осуществляется в двух вариантах: сигналом

RTS или включением передачи по наличию данных в буфере последовательного порта.

Включение передачи сигналом RTS (rc+): уровень сигнала RTS для включения режима передачи задается в конфигурации параметром r1. Для варианта r1–: –12v – режим приема, +12v – режим передачи (соответственно, логический уровень «1» – прием, «0» – передача), для варианта r1+ – наоборот. Режим включения передачи является приоритетным над приемом – даже если радиомодем в данный момент принимает сигнал из эфира, он немедленно переключится на режим передачи. В эфир передаются только те данные, которые были поданы на последовательный порт после включения режима передачи. Если по каким либо причинам после перехода в режим передачи в последовательном порту нет данных, передающий радиомодем передает в эфир признак отсутствия данных, занимая при этом эфир. При этом принимающий радиомодем в последовательный порт ничего не выводит (в случае эфирных помех может быть выдан нулевой байт). Если скорость работы последовательного порта на передающем радиомодеме больше эфирной, то данные будут накапливаться в буфере. Радиомодем будет передавать данные в эфир до исчерпания буфера, даже если сигнал RTS будет снят. Проверка сигнала RTS осуществляется только по исчерпанию буфера последовательного порта.

Включение передачи по наличию данных в буфере последовательного порта (rc–): радиомодем переходит в режим передачи по наличию хотя бы одного байта в буфере. Для порта RS232 режим включения передачи является приоритетным над приемом – даже если радиомодем в данный момент принимает сигнал из эфира, он немедленно переключится на режим передачи. Порт RS485 является симплексным, и этой возможности не предоставляет (радиомодем будет находиться в режиме приема до окончания пакета). Радиомодем передает данные в эфир до исчерпания буфера, причем в потоке данных допускаются разрывы не более 7.5 мс (один байт для скорости 1200). В случае отсутствия данных, радиомодем за-

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

канчивает передачу и переходит в режим ожидания данных. Задержка включения передатчика составляет менее одной миллисекунды, но передающий радиомодем обязан перед данными передать преамбулу для настройки приемного радиомодема. Длина преамбулы определяется параметром t_p , и для значения по умолчанию ($t_p=24$) составляет 20 миллисекунд. Данные, переданные за это время по последовательному порту в передающий радиомодем, накапливаются в буфере, и не теряются. Задержка передачи данных через эфир равна сумме задержек на прием байта из последовательного порта в передающий радиомодем, передачи байта по эфиру, и передачи байта в последовательный порт на приемном радиомодеме, то есть для скорости порта 1200 бит/сек – около 23..30 миллисекунд.

Принимающий радиомодем после окончания данных может выдать несколько произвольных байт (шум). Это связано с методом распознавания наличия сигнала в эфире через количество битовых ошибок.

3.2.3.6 Расчёт длины антенного кабеля

Так как модем будет находиться внутри подъёмно–поворотного стенда, то необходимо вывести антенну за пределы металлоконструкции во избежание радиопомех при передаче.

Длина антенного кабеля должна быть кратна длине волны, даже если кабель имеет хорошее согласование. Все разъемы и переходники должны быть хорошо затянуты, а места соединения элементов герметичны. Попадание влаги недопустимо, т.к. это приведет к окислению соединительных элементов и ухудшению качества связи. Особое внимание следует обратить на целостность антенного кабеля, он не должен иметь резких перегибов и переломов. Так же не желательно использовать самодельные переходники из кабеля меньшего диаметра, так как в местах таких соединений потери мощности будут составлять от 10 – 40%. Внешняя оболочка должна сохранять свою целостность. Все разъемы необходимо тщательно пропаять, причем не только центральную жилу, но и оплетку, даже если разъем " под зажим".

Произведём расчёт длины коаксиального кабеля по [3]:

$$L = N \cdot \lambda, \quad (3.1)$$

где L – длина кабеля,
 N – натуральное целое число,
 λ – длина волны.

$$X = \frac{KC}{F}, \quad (3.2)$$

где K – коэффициент укорочения (для коаксиального кабеля 0,65),
 C – скорость света,
 A – частота передачи.

$$X = \frac{0.65 \cdot 300}{433} = 0.45 \text{метра};$$

Следовательно, длина кабеля должна быть кратна 0.45 метрам.

3.2.4 Расчет радиоканала передачи данных

Потери в антенно-фидерном тракте (АФТ) приемника и передатчика складываются из следующих величин:

- затухание в кабеле;
 - затухание в разъемах;
- и определяются по формуле из[4]:

$$W_{\text{АФТ}} = W_{\text{С}}L + W_{\text{СС}}N + W_{\text{доп}}, \quad (3.3)$$

где $W_{\text{С}}$ – погонное затухание сигнала в кабеле на рабочей частоте, дБ/м;

L – длина кабеля, м;

$W_{\text{СС}}$ – потери в разъеме, дБ;

N – количество разъемов, шт;

$W_{\text{доп}}$ – потери в дополнительном антенно-фидерном оборудовании, дБм.

Для расчета затухания в кабеле необходимо знать значение погонного затухания на рабочей частоте, которое зависит от марки кабеля. Значения погонного затухания в различных типах кабелей представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Зависимость затухания от марки кабеля

Марка кабеля	Затухание, дБ/м
Belden9913	0.23
LMR 200	4.199
LMR 400	1.575
LMR 600	0.144
S" LDF	0.128
SUPERFLEX	0.322

Потери в разъемах составляют от 0.5 до 2 дБ на каждый разъем и сильно зависят от качества заделки разъемов.

Исходные данные представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Исходные данные для расчёта потерь

Обозначение	Наименование	Значение
$W_{\text{С}}$	погонное затухание сигнала в кабеле, дБ/м	0,23
L	длина кабеля, м	2.25
$W_{\text{СС}}$	потери в одном разъеме, дБ	0,5
N	количество разъемов, шт.	1
$W_{\text{доп}}$	потери в разветвителе, дБ	0

По формуле (3.3) потери в АФТ составляют согласно [4]:

$$W_{\text{АФТ}} = 0,23 - 2,25 + 1 - 0,5 + 0 = 1,0174 \text{ дБ}$$

Эффективная изотропная излучаемая мощность определяется по формуле:

$$\text{EIRP} = P_{\text{ПРД}} - W_{\text{АФТпрд}} + G_{\text{ПРД}}, \quad (3.4)$$

где $P_{\text{ПРД}}$ – выходная мощность передатчика, дБм;
 $W_{\text{АФТпрд}}$ – потери сигнала в АФТ передатчика, дБ;
 $G_{\text{ПРД}}$ – усиление антенны передатчика, дБи.
 Исходные данные представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Данные для расчёта изотропной излучаемой мощности

Обозначение	Наименование	Значение
$P_{\text{ПРД}}$	выходная мощность СВЧ–модуля, дБм	10
$G_{\text{ПРД}}$	коэффициент усиления антенны, дБи	8
$W_{\text{АФТпрд}}$	потери сигнала в АФТ передатчика, дБ	1,0175

По формуле (3.4) эффективная изотропная излучаемая мощность составляет:

$$\text{EIRP} = 10 - 1,0175 + 8 = 16,9825 \text{ дБм};$$

При подвесе антенн на высоте H_1 и H_2 предельно возможная длина трассы распространения радиоволн по прямой видимости обуславливается кривизной земной поверхности и определяется по [4]:

$$L_{\text{МАХ}} = 3,57 \cdot [(H_1)^{1/2} + (H_2)^{1/2}], \quad (3.5)$$

где $L_{\text{МАХ}}$ – предельно возможная длина трассы распространения радиоволн по прямой видимости, км;

H_1, H_2 – высоты подвеса антенн, м.

Исходные данные для расчета прямой видимости приведены в таблице 3.11.

По формуле (3.5) предельно возможная длина трассы распространения радиоволн в пределах прямой видимости составит:

$$L_{\text{max}} = 3,57 \cdot (\sqrt{1} + \sqrt{9,5}) = 14,57 \text{ км},$$

Таблица 3.11 – Данные для расчёта прямой видимости

Обозначение	Наименование	Значение
H_1	Высота подвеса антенны на ППС, м	9,5
H_2	Высота подвеса антенны в операторной, м	1

Расчет потерь в радиоканале производится по следующему выражению из [4]:

$$W_0 = 100,2 + 20 \cdot \log(r), \quad (3.6)$$

где r – расстояние между антеннами приемника и передатчика, км .

В нашем случае расстояние между подъемно–поворотным стендом и оперторной равно 0.015 км. По формуле (3.6) потери при распространении радиоволн для радиотрассы составляют:

$$W_0 = 100,2 + 20 \cdot \log(0,015) = 63,52 \text{ дБм},$$

Для того чтобы определить суммарное усиление радиосистемы необходимо знать следующие параметры:

- выходная мощность передатчика;
- чувствительность приемного тракта удаленной точки;
- коэффициенты усиления антенн передатчика и приёмника;
- коэффициенты усиления усилителей (при их наличии).

Исходные данные для расчета суммарного усиления представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Данные для расчета суммарного усиления

Обозначение	Наименование	Значение
$W_{\text{АФТпрд}}$	Потери сигнала в АФТ ППС, дБ	1,0175
$W_{\text{АФТпрм}}$	Потери сигнала в АФТ операторной, дБ	0,5
W_0	Потери при распространении радиоволн, дБ	63,52
$G_{\text{ПРД1}}$	Усиление антенны (Штаба дивизии), дБи	8
$G_{\text{ПРД2}}$	Усиление антенны (штаба №1), дБи	8
$P_{\text{ПРД1}}$	Выходная мощность (ППС), дБм	10
$P_{\text{ПРМ2}}$	Чувствительность (операторная), дБм	-117

Суммарное усиление радиосистемы вычисляется по [4]:

$$G_{\Sigma} = P_{\text{прд}} - P_{\text{прм}} + G_{\text{прд}} + G_{\text{прм}}, \quad (3.7)$$

где $P_{\text{прд}}$ – выходная мощность радиопередатчика, дБм;

$P_{\text{прм}}$ – чувствительность приемника, дБм;

$G_{\text{прд}}$ – усиление антенны передатчика, дБи;

$G_{\text{прм}}$ – усиление антенны приемника, дБи.

По формуле (3.7) суммарное усиление радиосистемы между отделами составляет:

$$G_{\Sigma 1} = 10 - (-117) + 8 + 8 = 143 \text{ дБм},$$

Расчет потерь в радиоканале можно произвести по[4]:

$$W_{\Sigma} = W_{\text{АФТпрд}} + W_{\text{АФТпрм}} + W_o, \quad (3.8)$$

где $W_{\text{АФТпрд}}$ – потери сигнала в АФТ передатчика, дБ;
 $W_{\text{АФТпрм}}$ – потери сигнала в АФТ приёмника, дБ;
 W_o – потери при распространении радиоволн, дБм.

По формуле (3.8) суммарные потери в радиосистеме составляют:

$$W_{\Sigma} = 1,0175 + 0,5 + 63,52 = 65,0375 \text{ дБм};$$

Суммарное усиление системы должно быть больше суммарных потерь $G_{\Sigma} > W_{\Sigma}$. Разность величин G_{Σ} и W_{Σ} определяет энергетический запас радиоканала по направлениям:

$$Z = G_{\Sigma} - W_{\Sigma}, \quad (3.9)$$

По формуле (3.9) энергетический запас радиоканала составляет:

$$Z = 143 - 65,0375 = 77,9625 \text{ дБм}.$$

3.2.5 Выбор датчика температуры

Выбор инфракрасного датчика температуры осуществляем исходя из температуры, которую требуется замерить – около 1600 градусов. После ознакомления с отечественным и зарубежными приборами замера температуры выбираем инфракрасный датчик температуры ThermalertSXHT производителя Raytek. Внешний вид датчика представлен на рисунке 3.16.

Основные преимущества данного датчика:

- существует возможность выбора оптического или лазерного прицела;
- простое двухпроводное подключение;
- одновременно аналоговый и цифровой выходные сигналы.

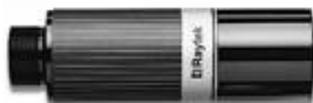


Рисунок 3.16 – Внешний вид датчика

Данный датчик может работать в сложных условиях окружающей среды, дополнительными опциями предусмотрен корпус охлаждения и термокожух.

Технические характеристики приведены в таблице 3.13.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

Таблица 3.13 – Технические характеристики датчика

Выходные сигналы	Аналоговый (4–20 мА) Цифровой (RS232) Сигнализация
Напряжение питания, В	24
Температурный диапазон, С	500...2000
Точность, %	1
Время отклика, мсек	100
Температура работы с термокожухом, С	315
Вес в корпусе охлаждения, гр.	780
Обработка сигнала, интеллектуальные модели	Расчёт пиковых и средних температур в заданное оператором время
Защита от окружающей среды	IP65
Размеры, мм	181x76

3.2.6 Расчёт погрешности измерительного канала взвешивания стальной шаша

Данные для расчёта суммарной погрешности измерительного канала, состоящего из датчика и цифрового преобразователя занесены в таблицу 3.14. Расчёт производим по [5].

Установка питается от сети 12 В блок питания с коэффициентом стабилизации $K = 25$. Объект испытаний, на котором установлен датчик, находится в металлургическом цехе, где обычно температура колеблется в течение года от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Цифровой преобразователь установлен там же.

При расчете результирующей погрешности канала каждой из составляющих погрешности необходимо приписать соответствующий закон распределения, найти среднеквадратичное отклонение (с.к.о.) и разделить погрешности на аддитивные и мультипликативные.

Таблица 3.14 – Данные для расчёта погрешности измерительного канала

Вид узла	Вид погрешности	Числовое значение
Датчик	Основная погрешность γ_d	0,5%
	Температурная погрешность γ_{θ_d}	-0,2/10 К
	Погрешность датчика от колебания напряжения сети ψ_{U_d}	10%
Цифровой преобразователь	Основная погрешность $\gamma_{цип}$	0,15%
	Погрешность смещения нуля при колебании температуры $\psi_{\theta_{цип}}$	0,15/10 \hat{E}

3.2.6.1 Расчёт среднеквадратичных отклонений погрешностей датчика

Основная погрешность датчика $\gamma_d = 0.5\%$. Как правило, для основной погрешности характерен равномерный закон распределения. Тогда значение с.к.о. будет определяться по [1]:

$$\sigma_{\dot{a}} = \frac{\gamma_{\dot{a}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,5\%}{\sqrt{3}} = 0,289\%; \quad (3.10)$$

Параметры равномерного распределения по [5] следующие: $k = 1,73$, $x = 0,745$, $\varepsilon = 1,8$.

Температурная погрешность датчика — аддитивная, ее значение — $\psi_{\theta_d} = 0,2/10 \%$ К. Для перехода к с.к.о. необходимо знать закон распределения температуры в металлургическом цехе. Известно, что температура может изменяться в пределах $20 \pm 20^\circ \text{C}$. Предположим, что по 50 дней в году температура может достигать 20 и 40°C . Тогда вероятность установления температуры 20°C .

$$P = \frac{365 - 100}{365} = \frac{265}{365} = 0,72;$$

Эвристически примем, что температура в цехе распределена по нормальному закону, тогда по данным [5] для $P = 0.72$ соответствуют границы $\pm 2,3\sigma$. Максимальная температурная погрешность:

$$\gamma_{\theta} = -0,2/10 = -0,02\%;$$

Тогда искомая $\sigma_{\theta \dot{a}}$ будет определяться по следующей формуле:

$$\sigma_{\theta \dot{a}} = \frac{\gamma_{\theta \dot{a}}}{2,3} = \frac{0,02}{2,3} = 0,009\%; \quad (3.11)$$

По [5] находим параметры нормального закона распределения: $k = 2,066$, $x = 0,577$, $\varepsilon = 3$.

Погрешность датчика от колебания напряжения сети. Даная погрешность — величина мультипликативная, по условию ее значение составляет $\gamma_{U_d} = 10\%$. Для погрешностей, зависящих от колебаний напряжения питания характерен закон распределения Симпсона (треугольный закон распределения). Максимальное значение погрешности от колебания напряжения сети равно:

$$\gamma_{U_d} = \frac{\psi_{U_d}}{K} = \frac{10\%}{25} = 0,4\%; \quad (3.12)$$

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

С.к.о. для треугольного закона распределения σ_{U_d} определяется по [5]:

$$\sigma_{U_d} = \frac{\gamma_{U_d}}{\sqrt{6}} = \frac{0,4\%}{\sqrt{6}} = 0,163\% ; \quad (3.13)$$

Параметры треугольного распределения по [5]: $k = 2,02$, $x = 0,65$, $\varepsilon = 2,4$.

3.2.6.2 Расчет среднеквадратичных отклонений погрешностей цифрового преобразователя

Выполняем расчёт по [5]. Основная погрешность определена значением $\gamma_{\delta i} = 0,15\%$. Для основной погрешности характерен равномерный закон распределения. Тогда значение среднего квадратического отклонения будет определяться по формуле:

$$\sigma_{\delta i} = \frac{\gamma_{\delta i}}{\sqrt{3}} = \frac{0,15\%}{\sqrt{3}} = 0,087; \quad (3.14)$$

Параметры равномерного распределения: $k = 1,73$, $x = 0,745$, $\varepsilon = 1,8$.

Погрешность смещения нуля при колебаниях температуры. Данная погрешность является аддитивной, а закон ее распределения также повторяет закон распределения температуры в лаборатории. Максимальное значение этой погрешности при $\psi_{\theta_{цп}} = 0,15/10$ К составляет:

$$\gamma_{\theta_{цп}} = \psi_{\theta_{цп}} \cdot 3 = \frac{0,15}{10} \cdot 3 = 0,045\% ; \quad (3.15)$$

Тогда с.к.о. определяются как:

$$\sigma_{\theta_{цп}} = \frac{\gamma_{\theta_{цп}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,045\%}{\sqrt{3}} = 0,026\% \quad (3.16)$$

Параметры равномерного распределения: $k = 1,73$, $x = 0,745$, $\varepsilon = 1,8$.

Результаты расчета с.к.о. для погрешностей звеньев измерительного канала сведем в таблицу 3.15.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

Таблица 3.15 – Результат расчета с.к.о. для звеньев измерительного канала

Вид погрешности	Закон распределения	σ , %	k	x	ε
1. Датчик:					
1.1. Основная погрешность		0,289			
1.2. Погрешность от температуры	равномерный	–0,0	1,73	0,745	1,8
	нормальный	09	2,066	0,577	3
1.3. Погрешность от напряжения сети	треугольный	0,163	2,02	0,65	2,4
3. Цифровой преобразователь:					
3.1. Основной погрешности	равномерный	0,087	1,73	0,745	1,8
3.2. Погрешности смещения нуля при колебаниях температуры	равномерный	–0,0 26	1,73	0,745	1,8

3.2.6.3 Суммирование погрешностей

Выбор метода суммирования (алгебраический или геометрический) зависит от того, являются ли суммируемые погрешности коррелированными или независимыми. Коррелированными являются погрешности, которые вызываются одной и той же причиной, а поэтому имеют одинаковую форму закона распределения, которая остается справедливой и для их алгебраической суммы.

Все полученные погрешности можно суммировать как независимые. Но перед этим нужно избавиться от погрешностей, имеющих малое влияние на общую сумму. Для этого найдем отношения:

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{\theta_d}} = \frac{0,289}{0,009} = 32,1, \quad (3.17)$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_{цп}} = \frac{0,289}{0,087} = 3,3; \quad (3.18)$$

Таким образом, погрешность нуля канала определяется суммированием основных погрешностей датчика и цифрового преобразователя, температурной погрешности датчика и погрешности смещения нуля при колебаниях температуры цифрового преобразователя. Суммирование проводится последовательным геометрическим сложением этих величин.

С.к.о. суммы основных погрешностей датчика и цифрового преобразователя:

$$\sigma_{д+цп} = \sqrt{\sigma_d^2 + \sigma_{цп}^2} = \sqrt{0,289^2 + 0,087^2} = 0,3\%; \quad (3.19)$$

Определим вес второго слагаемого в общей дисперсии:

$$p = \frac{\sigma_{\text{цп}}^2}{\sigma_{\text{д+цп}}^2} = \frac{0,087^2}{0,3^2} = 0,08; \quad (3.20)$$

Эксцесс распределения:

$$\varepsilon_{\text{д+цп}} = \varepsilon_{\text{д}} p^2 + 6p(1-p) + \varepsilon_{\text{цп}}(1-p^2) = 1,8 \cdot 0,08^2 + 6 \cdot 0,08 \cdot (1-0,08) + 1,8 \cdot (1-0,08^2) = 2,24;$$

Контрэксцесс распределения:

$$x_{\text{д+цп}} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_{\text{д+цп}}}} = \frac{1}{\sqrt{2,24}} = 0,67; \quad (3.21)$$

Среднее квадратичное отклонение погрешности нуля канала:

$$\sigma_{\text{н}} = \sqrt{\sigma_{\text{д+цп}}^2 + \sigma_{\theta_{\text{цп}}}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,026^2} = 0,301\%; \quad (3.22)$$

Определим вес второго слагаемого в общей дисперсии:

$$p = \frac{\sigma_{\theta_{\text{цп}}}^2}{\sigma_{\text{н}}^2} = \frac{0,026^2}{0,301^2} = 0,0075 \quad (3.23)$$

Эксцесс распределения:

$$\varepsilon_{\text{н}} = \varepsilon_{\text{д+цп}} p^2 + 6p(1-p) + \varepsilon_{\theta_{\text{цп}}}(1-p^2), \quad (3.24)$$

$$\varepsilon_{\text{н}} = 2,24 \cdot 0,04^2 + 6 \cdot 0,04 \cdot (1-0,04) + 1,8 \cdot (1-0,04^2) = 2,03;$$

Контрэксцесс распределения:

$$x_{\text{н}} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_{\text{н}}}} = \frac{1}{\sqrt{2,03}} = 0,7;$$

Энтропийный коэффициент по [1] при $p=0,0075$: $\kappa_{\text{н}}=1,93$.

Данным параметрам соответствует трапециидальное распределение.

Доверительная вероятность по [1]:

$$P_{\text{д}} = 0,899 + \kappa_{\text{н}}^2 / 5,5 = 0,899 + 0,7^2 / 5,5 = 0,99; \quad (3.25)$$

Энтропийное значение приведенной погрешности нуля канала:

$$\gamma_{\text{н}} = \kappa_{\text{н}} \sigma_{\text{н}} = 1,93 \cdot 0,306 = 0,59\% \approx 0,6\%; \quad (3.26)$$

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

Рассчитаем погрешность в конце диапазона канала. Для этого нужно добавить мультипликативную составляющую $\sigma_{U(d+цп)} = 0,23\%$.

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma_{U(d+цп)}^2 + \sigma_n^2} = \sqrt{0,23^2 + 0,301^2} = 0,386\%;$$

Определим вес второго слагаемого в общей дисперсии:

$$p = \frac{\sigma_n^2}{\sigma_k^2} = \frac{0,301^2}{0,386^2} = 0,61;$$

Эксцесс распределения:

$$\varepsilon_k = 2,4 \cdot 0,61^2 + 6 \cdot 0,61 \cdot (1 - 0,61) + 2,03 \cdot (1 - 0,61^2) = 4,56;$$

Контрэкссесс распределения:

$$x_k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_k}} = \frac{1}{\sqrt{4,56}} = 0,47;$$

Энтропийный коэффициент при $p = 0,61$: $k_k = 1,8$.

Доверительная вероятность:

$$P_d = 0,899 + k_k^2 / 5,5 = 0,899 + 0,47^2 / 5,5 = 0,94;$$

Энтропийное значение приведенной погрешности нуля канала:

$$\gamma_k = k_k \sigma_k = 1,8 \cdot 0,386 = 0,695\% \approx 0,7\%;$$

Таким образом, при оценке погрешностей результатов измерения с доверительной вероятностью $P_d \in (0,94; 0,99)$ следует ожидать погрешности $\gamma_n = 0,6\%$ и $\gamma_k = 0,7\%$, т.е. при произвольном значении x погрешность измерений будет выражаться как:

$$\gamma(x) = \gamma_n + \frac{\gamma_k - \gamma_n}{X_k} x, \quad (3.27)$$

где X_k — предел измерения.

Окончательно формула для определения погрешности измерительного канала принимает вид:

$$\gamma(x) = \gamma_n + \frac{\gamma_k - \gamma_n}{X_k} x = 0,6\% + \frac{0,7\% - 0,6\%}{X_k} x = 0,6\% + 0,1\% \frac{x}{X_k}.$$

3.3 Разработка принципиальной электрической схемы системы взвешивания

Питание будем осуществлять от сети 220 вольт постоянного тока. Однако наши приборы не приспособлены для работы с таким напряжением, поэтому понадобится установка блока питания на 12 вольт. Так же требуется предусмотреть автомат для отключения измерительного шкафа во время ремонтов и аварийных ситуаций. Принципиальная электрическая схема приведена на рисунке 3.17. С тензомостов датчиков сигнал в милливольтках поступает на цифровые преобразователи сигнала, предварительно проходя через суммирующую плату, находящуюся в распределительной коробке. Питание датчиков осуществляется отдельно через клеммную коробку. От блока питания параллельно запитываются так же цифровые преобразователи и модем.

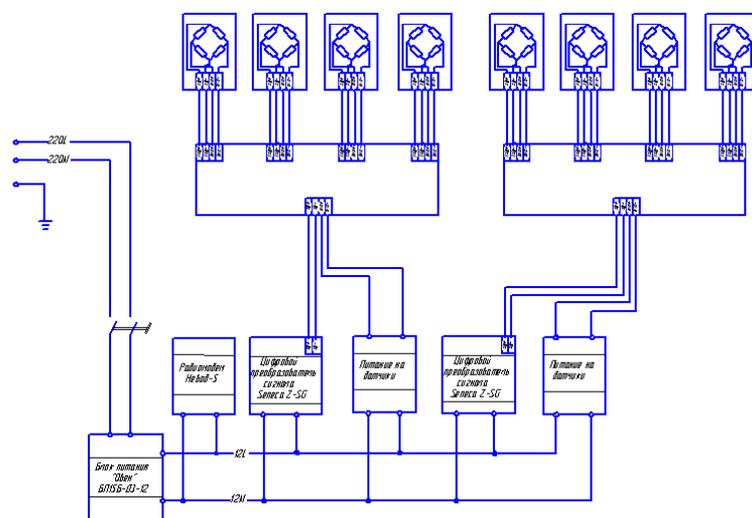


Рисунок 3.17 – Электрическая схема питания шкафа

3.3.1 Выбор блока питания

Блок питания подбираем исходя из потребляемой мощности. Так как у нас будут установлены 8 датчиков, 2 модуля SenecaZ–SG и модем, то определим их мощность по [6]:

$$P = U \cdot I, \quad (3.28)$$

где P – мощность,
 U – напряжение питания,
 I – потребляемый ток.
 Модем:

$$P_1 = 12 \cdot 0,15 = 1,8 \text{ Вт};$$

Модуль SenecaZ–SG:

$$P_2 = 12 \cdot 0.2 = 2.4 \text{Вт} ;$$

Тензодатчик:

$$P_3 = 0.03 \cdot 12 = 0.36 \text{Вт} ;$$

Суммарная мощность:

$$P = P_1 + 2P_2 + 8P_3 = 9.48 \text{Вт} .$$

Исходя из этой мощности выбираем блок питания «Овен» БП15Б–Д3–12. Блок питания БП15 предназначен для питания стабилизированным напряжением постоянного тока широкого спектра радиоэлектронных устройств (релейной автоматики, контроллеров, датчиков и т. п.). Применяется для построения систем электропитания различной сложности, в том числе распределенных. Общий вид приведен на рисунке 3.18. Все блоки питания построены по импульсной схеме, имеют защиту от короткого замыкания и перегрузки по выходу и защиту от перенапряжения по входу и выпускаются в корпусе предназначенном, для монтажа на DIN–рейку.



Рисунок 3.18 – Блок питания

На корпусе расположены клеммы, для подключения к сети (1) и сдвоенные выходные (2), светодиод индикации работы (3) и подстроечное сопротивление (4).

3.3.2 Компоновка измерительного шкафа

Шкаф подбираем по количеству оборудования, которое требуется разместить. Два модуля ЦПС, модем и блок питания могут разместиться в шкафу с DIN–рейкой на 6 приборов. Выбираем шкаф ЩРН–6–3, габариты которого приведены на рисунке 3.19.

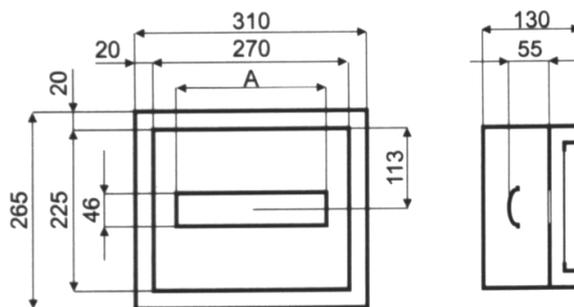


Рисунок 3.19 – Шкаф ЩРН–6–3

3.4 Разработка системы управления установкой

3.4.1 Разработка блока управления

Разработку блока управления осуществляем исходя из комплексной автоматизации процессов рекомендаций [1] и [7]. Предусматриваем контроллер не только для конкретно наших операций – взвешивание и контроль температуры с последующим управлением приводами, но и для других автоматизированных систем МНЛЗ, таких как управление гидравлическими механизмами, пароотсосом, охлаждением кристаллизатора и т.д. Для этих целей идеально подойдет контроллер фирмы Siemens, широко использующийся на металлургических предприятиях России. Связь оборудования и первичных преобразователей с контроллером осуществим через распределённую периферию, а именно станции ET 200S. Связь контроллера с распределённой периферией осуществим по промышленной шине ProfibusDP.

3.4.1.1 Разработка распределённой периферии

После того как сигнал от модема на ППС был успешно принят модемом в операторной и он должен добраться до контроллера. Однако достаточно проблематично завести сигнал сразу в контроллер, так как он выполняет множество функций и нужна тактовая синхронизация. Для этого применим станцию ET 200S.

Станции ET200S используются для построения систем распределенного ввода-вывода программируемых контроллеров SIMATIC S7-400, базирующихся на промышленных сетях PROFIBUS DP. Обширный спектр модулей различного назначения позволяет оптимально адаптировать станции ET200S к требованиям решаемой задачи. Интерфейсные модули обеспечивают возможность непосредственного подключения станции к электрическим или оптическим каналам связи PROFIBUS DP.

При работе в системах распределенного ввода-вывода программируемых контроллеров S7-400 обеспечивается поддержка функций “горячей” замены как электронных, так и силовых модулей.

SIMATIC ET200S включает в свой состав:

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

1) Интерфейсный модуль IM 151 для подключения станции к сети PROFIBUS DP и поддержки обмена данными с ведущим сетевым устройством.

2) Электронные модули ввода–вывода дискретных и аналоговых сигналов.

Для мониторинга внешних цепей электронных модулей в составе станции должен использоваться хотя бы один модуль PM–E.

В общей сложности одна станция ET200S позволяет устанавливать до 63 модулей различного назначения и позволяет обслуживать до 128 дискретных или до 64 аналоговых каналов ввода–вывода. Обмен данными с ведущим устройством в сети PROFIBUS DP выполняется со скоростью до 12 Мбит/с.

ET200S может комплектоваться интерфейсными модулями нескольких типов. Типом интерфейсного модуля определяется допустимое количество используемых модулей станции, вид интерфейса для подключения к сети, возможность выполнения предварительной обработки данных на уровне станции и т.д.

Интерфейсный модуль и модуль ведущего устройства PROFIBUS DP монтируются непосредственно на 35 мм профильную шину DIN. Сетевой адрес станции устанавливается переключателями, смонтированными в интерфейсный модуль. В

комплект поставки каждого интерфейсного модуля включен терминальный элемент внутренней шины станции ET200S. Внешний вид интерфейсного модуля приведён на рисунке 3.20.



Рисунок 3.20 – Интерфейсный модуль

Электронные модули имеют 4 встроенных канала, что позволяет в максимальной степени адаптировать систему ввода–вывода станции к требованиям решаемой задачи. Электронные модули устанавливаются на терминальные модули ТМ–Е. Модули ТМ–Е монтируются на 35 мм профильную шину DIN и содержат встроенные участки внутренней шины станции ET200S, встроенные участки шины AUX1, гнезда для установки электронного модуля, а также контакты для подключения внешних цепей соответствующего модуля. Шина AUX1 может использоваться в качестве шины заземления или в качестве шины вспомогательной цепи питания напряжением до ~220В.

Первая установка электронного модуля на терминальный модуль сопровождается автоматическим выполнением операции механического кодирования. В дальнейшем на данный терминальный модуль можно устанавливать только электронный модуль такого же типа.

Планируется установить 1 станцию ET 200S на 12 модулей, 3 сигнальных модуля для индикации состояния поступления сигнала от датчиков, 3 терминальных модуля под сигнальные дискретные модули ввода–вывода и интерфейсный модуль для передачи сигнала на контроллер для измерения веса стальной заготовки и замера температуры в проковше, так же 2 станции ET 200S на 12 модулей, 12 аналоговых модулей ввода–вывода для управления механизмами ППС и проковша.

3.4.1.2 Контроллер

Контроллер, который будет использоваться для управления процессом – Siemens Simatic S7–400. Это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации средней и высокой степени сложности (характеристики приведены в приложении А).

SIMATIC S7–400 является универсальным контроллером. Он отвечает самым жестким требованиям промышленных стандартов, обладает высокой степенью электромагнитной совместимости, высокой стойкостью к ударным и вибрационным нагрузкам. Установка и замена модулей контроллера может производиться без отключения питания («горячая замена»). Общий вид контроллера представлен на рисунке 3.21.

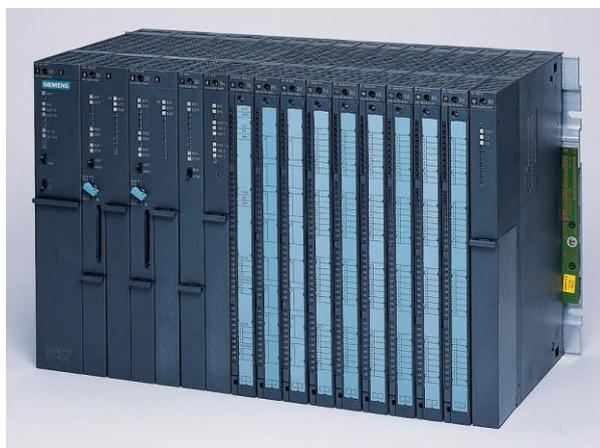


Рисунок 3.21 – Контроллер SIMATIC S7–400

Программируемый контроллер SIMATIC S7 400 имеет модульную конструкцию и включает в себя следующие компоненты:

- 1) стойки (Rack): стойки используются для размещения в них модулей и для соединения последних друг с другом;
- 2) источник питания (PS . "powersupply"): источник питания обеспечивает внутренние напряжения питания. Используются для подключения SIMATIC S7–400 к источникам питания =24/ 48/ 60/ 120/ 230В или ~120/ 230В;

3) центральный процессор (CPU . «centralprocessingunit»): центральный процессор используется для размещения и обработки программы пользователя. В составе контроллера могут использоваться центральные процессоры различной производительности. Все центральные процессоры оснащены встроенными интерфейсами PROFIBUS–DP. При необходимости, в базовом блоке контроллера может быть использовано до 4 центральных процессоров;

4) интерфейсные модули (IM . «interfacemodule»): интерфейсные модули используются для соединения стоек друг с другом. К одному базовому блоку контроллера SIMATIC S7–400 может подключаться до 21 стойки расширения;

5) сигнальные модули (SM . «signalmodule»): сигнальные модули используются для преобразования сигналов, поступающих от процесса, во внутренние сигналы для последующей обработки или в дискретные или аналоговые сигналы для управления приводами;

6) функциональные модули (FM . «functionmodule»): функциональные модули не зависят от CPU, используются для выполнения сложных или зависящих от времени процессов.

Для связи модулей друг с другом в стойках служат две шины: шина входов/выходов (I/O или P–шина) и коммуникационная шина (или K–шина). I/O–шина предназначена для высокоскоростного обмена входными и выходными сигналами, а коммуникационная шина обеспечивает обмен между модулями большими порциями данных. Коммуникационная шина соединяет CPU и интерфейс программатора (MPI) с функциональными модулями и коммуникационными процессорами.

При построении систем ввода–вывода на основе монтажных стоек S7–400 и S5 должны выполняться следующие правила:

1) система ввода–вывода содержит один базовый блок (CC) и несколько стоек расширения. Базовым блоком является монтажная стойка, в которой установлен центральный процессор контроллера;

2) каждый базовый блок может содержать не более 6 передающих интерфейсных модулей (IM); не более двух из этих модулей могут содержать цепи 5В питания для стоек расширения. Каждый передающий интерфейс модуль снабжен двумя интерфейсами, к которым может подключаться две линии связи (по одной на интерфейс);

3) через передающие интерфейсные модули к одному базовому блоку можно подключить до 21 стойки расширения (EU);

4) в каждой стойке расширения устанавливается приемный интерфейс модуль;

5) максимальное расстояние между базовым блоком и стойкой расширения S7 равно 605м.

6) обмен данными по K–шине может быть организован между базовым блоком и только 6–ю стойками расширения;

7) все модули блоков питания устанавливаются в крайние левые разъемы соответствующих монтажных стоек базового блока и стоек расширения.

PLC кроме автоматического управления ППС будет выполнять следующие функции:

- 1) определение веса промковша;
- 2) регулирование уровня металла в промковше;
- 3) регулирование расхода аргона с выдачей аварийного сигнала о прекращении расхода;
- 4) открытое и закрытое охлаждение оборудования МНЛЗ;
- 5) все функции управления гидравлическими станциями и смазки.

3.4.1.3 Программные изменения

Для правильного функционирования оборудования требуется составить программу управления в программной среде Step 7. В программу контроллера должны быть внесены блоки сравнения показаний весовых датчиков с уставкой. Если значение меньше уставки, контроллер формирует запрос оператору на открытие крышки стальной ковша и поворот стенда. Если ответ на запрос не поступает длительное время происходит вывод тревожного сигнала. После подтверждения запроса через блоки аналогового выхода сигнал с контроллера отправляется на исполнительные механизмы.

Измерение температуры так же должно сравниваться с уставкой по той же схеме. Однако оператором заранее должна быть задана периодичность открытия крышки промковша. Контроллер по программе должен автоматически синхронизировать замер температуры с открытием крышки. Если температура в промковше падает, то сигнал от контроллера идет на шиберный затвор стальной ковша. Происходит добавление металла в промковш, если, конечно, он не заполнен, что выясняется после сравнения показаний датчиков взвешивания промковша с уставкой.

Так же управление системой поворота ППС и открытия крышки промковша может осуществляться вручную с пульта оператора, команды с пульта оператора для контроллера являются приоритетными.

3.4.2 Разработка информационного блока

Разработка данного блока сводится к организации связи контроллера с оператором и архивации наиболее важных данных, ошибок и аварийных сигналов.

Для реализации данной схемы нам потребуется сервер баз данных, связанный по Ethernet-кабелю с контроллером для обмена информацией, а так же связь контроллера с оператором по этому же кабелю для отдачи команд, архивация которых так же возможна на сервере.

Сервер БД обслуживает базу данных и отвечает за целостность и сохранность данных, а также обеспечивает операции ввода-вывода при доступе клиента к информации.

Архитектура клиент-сервер состоит из клиентов и серверов. Основная идея состоит в том, чтобы размещать серверы на мощных машинах, а приложениям,

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

использующим языковые компоненты СУБД, обеспечить доступ к ним с менее мощных машин–клиентов посредством внешних интерфейсов.

Серверам баз данных требуется большая мощность, так как на них ложится задача не только по хранению информации, но и работа с базами данных организации, обработка запросов пользователей, резервное копирование и прочие задачи.

Общая структура взаимодействия контроллера с сервером баз данных приведена на рисунке 3.22.

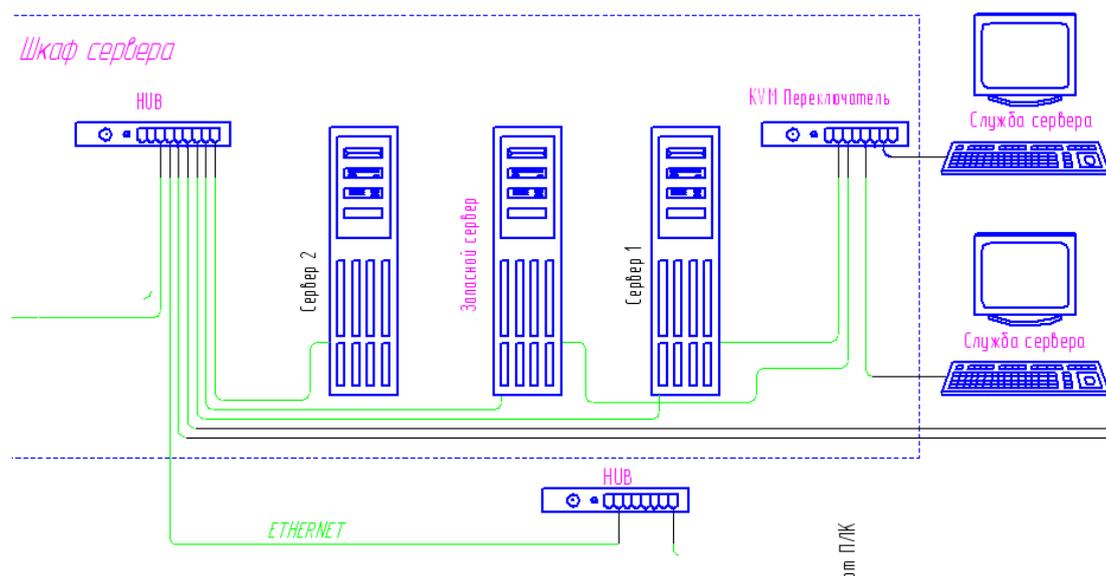


Рисунок 3.22 – Обмен данными между контроллером и СБД

Взаимодействие контроллера с оператором осуществляется так же через разветвлённую схему ethernet–кабеля, с помощью HUB–переключателей.

Выводы по разделу три

Произведена разработка системы автоматизации непрерывной разливки стали, выбраны приборы полевого уровня, разработана система управления процессом, включающая взаимодействие с оператором и сервером баз данных, однако, требуется выяснить, является ли безопасной спроектированная нами система и будет ли она рентабельна с экономической точки зрения.

4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Анализ экономического эффекта от внедрения установки

Задача наращивания объемов производства без привлечения дополнительной рабочей силы может быть решена за счет автоматизации основных и вспомогательных операций производственного цикла.

Автоматизация производственных процессов может осуществляться как за счет создания новой техники, так и за счет модернизации существующего оборудования путем оснащения его единой системой управления, контроля и т.д.

Так как в том и в другом случае требуются дополнительные капитальные вложения в совершенствование производства, то основной проблемой становится расчет условий, обеспечивающих гарантированную эффективность средств автоматизации.

В нашем случае внедрение автоматизированной установки непрерывной разливки стали, включающей автоматизацию системы взвешивания стального ковша на подъемно-поворотном стенде участка машины непрерывного литья заготовок и автоматическое измерение температуры стали в промковше, позволяет достичь экономического эффекта за счет:

- увеличения объема производимой продукции;
- сокращения затрат, включаемых в себестоимость выпускаемой товарной продукции;
- увеличения производительности труда.

В случае внедрения автоматизированной установки, на вышеперечисленные количественные и качественные показатели, значительное влияние оказывают следующие факторы:

- конструкторское решение позволит добиться точности, надежности, быстроты действия, автоматичности, производительности и качества;
- организационная целесообразность автоматизированной установки заключается в повышении уровня производства и эксплуатации, непрерывности и ритмичности производства, в сокращении простоев, а также аварийных ситуаций на участке непрерывного литья заготовок;
- внедрение автоматизированной системы взвешивания и измерения температуры стали сократит длительность цикла производства слэбов, установит рациональный режим работы;
- автоматизация системы на участке МНЛЗ позволит сократить расходы, включаемые в себестоимость выпускаемой продукции, за счет сокращения численности производственных рабочих.

Особое внимание следует обратить на наличие простоев и аварийных ситуаций в связи с отсутствием автоматизированной системы взвешивания стального ковша на подъемно-поворотном стенде участка МНЛЗ. Все это чаще всего оказывается человеческий фактор.

За 1 час простоя на данном участке предприятие теряет согласно расчету 1452 тыс.руб. выручки.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

Расчет: Разливка стали за 1 час 1 стальковша – 110т.;
Рыночная стоимость 1т.сляба в действующих ценах – 440дол. (13200 руб.);

$$13200 \cdot 110 = 1452000 \text{руб.}$$

Возникновение подобных ситуаций плачевно сказывается не только на объеме выпускаемой продукции, но и оказывает пагубное воздействие на увеличение издержек производства за счет дополнительных затрат (энергоресурсы, сырье и материалы, заработная плата и т.д.), направленных на устранение аварий, простоев.

4.2 Определение текущих и капитальных затрат

Годовой экономический эффект, полученный от внедрения новой техники, в нашем случае, за счет автоматизации системы взвешивания стальковша и автоматического измерения температуры в проковше, определяется по [8]:

$$\mathcal{E}_r = (C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2) = \Delta C - E_n \cdot \Delta K, \quad (4.1)$$

где $\Delta C = C_1 - C_2$ – экономия по себестоимости;

$\Delta K = K_1 - K_2$ – дополнительные капитальные вложения на новую технику;

E_n – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений ($E_n = \Delta C / \Delta K$).

4.2.1 Определение текущих затрат по базовому и разрабатываемому варианту

Себестоимость произведенной продукции на участке МНЛЗ (машина непрерывного литья заготовок) складывается из следующих затрат:

1) Материальные затраты:

– сырье и основные материалы (металлолом, сыпучие и добавочные материалы и т.д.);

– специальная одежда, средства защиты и т.д.;

– энергетические расходы (электроэнергия, вода и т.д.).

2) Затраты на оплату труда.

3) Отчисления на соц. нужды.

4) Амортизационные отчисления.

5) Прочие расходы и т.д.

Материальные затраты до реализации установки:

$$C_{M1} = C_{c1} + C_{o1} + C_{э1}, \quad (4.2)$$

где C_{M1} – материальные затраты базового периода, тыс.руб.;

C_{c1} – затраты на сырье и материалы составляют 35800 тыс.руб.;

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

C_{o1} – специальная одежда и спецсредства защиты для 12 человек производственных рабочих составляет 100 тыс.руб.;

$C_{э1}$ – расходы на электроэнергию, воду согласно данным экономического отдела составляют 4780 тыс.руб.

$$C_{m1}=35800+100+4780=40680 \text{ тыс.руб.}$$

Материальные затраты после реализации установки:

$$C_{m2}=C_{c2}+C_{o2}+C_{э2}, \quad (4.3)$$

где C_{m2} – материальные затраты разрабатываемого варианта, тыс.руб.;

C_{c2} – затраты на сырье и материалы не изменятся и составят 35800 тыс.руб.;

C_{o2} – за счет сокращения численности производственных рабочих на 3 человека (таблица 4.1) затраты на спецодежду и средства защиты будут сокращены на 25 тыс.руб. и составят 75 тыс.руб.;

$C_{э2}$ – отсутствие автоматизированной системы взвешивания стальной заготовки, наличие человеческого фактора часто являются причиной возникновения аварийных ситуаций на участке непрерывной разливки стали, что приводит в конечном итоге к остыванию стали в промковше и возникновению необходимости переплавки, требующей дополнительных затрат на электроэнергию. Следовательно затраты на данный вид расходов будут снижены и составят 4230 тыс.руб.

$$C_{m2}+=35800+75+4230=40105 \text{ тыс.руб.};$$

Затраты на оплату труда производственных рабочих участка МНЛЗ согласно данным таблицы 4.1 по базовому варианту составили 4176 тыс.руб. ($C_{жт1}$), по разрабатываемому варианту 3168 тыс.руб. ($C_{жт2}$). Расходы снижены за счет сокращения 3 чел. должности помощника разлищика, в функции которого согласно должностной инструкции входили обязанности по измерению температуры стали в промковшете термометром. В разрабатываемом варианте данный участок производства автоматизируется, устанавливается инфракрасный датчик измерения температур.

Таблица 4.1 – Затраты на оплату труда производственных рабочих

Должность согласно штатному расписанию	Режим работы (смена)	Базовый вариант			Разрабатываемый вариант		
		Кол-во в смене (чел.)	Всего (чел.)	Затраты на ОТ (тыс.руб.)	Кол-во в смене (чел.)	Всего (чел.)	Затраты на ОТ (тыс.руб.)
Разлищик	3	1	3	1260	1	3	1260
Помощник разлищика	3	2	6	2016	1	3	1008
Оператор	3	1	3	900	1	3	900
Итого:			12	4176		9	3168

Отчисления от заработной платы в социальные фонды (30%) составили:

- базовый вариант 1253 тыс.руб. ($C_{есн1}$);
- разрабатываемый вариант 950 тыс.руб. ($C_{есн2}$).

В целях расчета суммы амортизационных отчислений используются Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов, утвержденные постановлением Совета Министров СССР от 22.10.1990 №1072, а также Классификация основных средств, включенных в амортизационные группы, утвержденная постановлением Правительства РФ от 01.01.2002г. №1.

По факту размеры амортизационных отчислений технологического оборудования участка МНЛЗ составили:

- базовый вариант 230 тыс.руб. ($C_{а1}$);
- разрабатываемый вариант 690 тыс.руб. ($C_{а2}$).

Затраты на текущий ремонт и содержание технологического оборудования составляют:

- базовый вариант 3% от прямых затрат.

$$C_{тр1}=(C_{м1}+C_{жт1}+C_{есн1}+C_{а1})\cdot 3\%=(40680+4176+1253+230)\cdot 3\%=1390\text{тыс.руб.}$$

- разрабатываемый вариант 2% от прямых затрат.

$$C_{тр2}=(C_{м2}+C_{жт2}+C_{есн2}+C_{а2})\cdot 2\%=(40105+3168+950+690)\cdot 2\%=898\text{ тыс.руб.}$$

Снижение предусмотрено в связи с сокращением числа аварийных ситуаций, за счет внедрения системы взвешивания стальной заготовки.

Расчеты экономии себестоимости произведем в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Экономия себестоимости по видам затрат, в тыс. руб

№ п/п	Виды затрат	Базовый вариант	Разрабатываемый вариант	Отклонение (+,-)
1	Оплата труда производственных рабочих ($C_{жт}$)	4176	3168	-1008
2	Отчисления из фонда заработной платы ($C_{есн}$)	1253	950	-303
	Итого по группе (стр.1+стр.2):	5429	4118	-1311
3	Амортизационные отчисления ($C_{а}$)	230	690	460
4	Материальные затраты ($C_{м}$)	40680	40105	-575
5	Текущий ремонт и содержание оборудования ($C_{тр}$)	1390	898	-492
	Итого по группе (стр.4+стр.5):	42070	41003	-1067
	Всего затрат:	47729	45811	-1918

4.2.2 Капитальные вложения, направленные на внедрение установки

Автоматизированная установка непрерывной разливки стали предусматривается внедрение системы взвешивания стальной ванны, а так же установка инфракрасного датчика измерения температуры стали в промковше.

Данная система автоматизации не требует демонтажа и замены базового оборудования, следовательно, капитальные вложения направлены только на приобретение и монтаж нового оборудования, согласно данным таблицы 4.3 составляют 2263,65тыс.руб.

Таблица 4.3 – Сведения о капитальных вложениях

№ п/п	Кап.вложения	Кол-во (шт.)	Цена (тыс.руб.)	Стоимость (тыс.руб.)
1	Датчик DF-100	8	262	2096
2	Суммирующая плата	2	3	6
3	Преобразователь сигнала SenegaZ-SG	2	4,9	9,8
4	Модем «Невод-5»	1	11,3	11,3
5	Интерфейсный модуль	1	7,4	7,4
6	Модуль ввода дискретных сигналов	3	0,5	1,5
7	Терминальный модуль ТМ-Р15S22-01	9	0,25	2,25
8	Кабель		5	5
9	Переключатель HUB	3	1,2	3,6
10	Север баз данных	1	45	45
11	Блок питания «Овен»	1	1,4	1,4
12	Электрошкаф	1	2,5	2,5
13	Модуль вывода аналоговых сигналов	6	0,5	3
14	Инфракрасный датчик	1	3	3
15	Монтаж (3% от стоимости оборудования)			65,9
	ИТОГО:			2263,65

4.3 Определение производственно-экономического результата от использования автоматизированной установки

Согласно расчетам условная годовая экономия (ΔC) от внедрения проекта составляет 1918 тыс.руб.

В целях определения годового экономического эффекта воспользуемся формулой 4.1.

При этом E_n – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений согласно современным требованиям применим 0,4.

Следовательно, $\mathcal{E}_r = 1918 - 0,4 \times 2263,65 = 1012,54$ тыс.руб.

Качественным показателем эффективности внедрения новой техники является коэффициент производительности труда:

$$K_{\Pi} = T_{\text{б}} / T_{\text{нт}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{б}}$, $T_{\text{нт}}$ – трудоемкости изготовления продукции на базовом и вновь предлагаемом оборудовании соответственно.

$$T = 3\Pi / \text{ВП}, \quad (4.5)$$

где 3П – затраты на оплату труда, тыс.руб.;

ВП – годовой выпуск продукции, тыс.руб.

$$T_{\text{б}} = 5429 / 771725 = 0,007, \quad T_{\text{нт}} = 4118 / 771725 = 0,005, \quad T_{\text{б}} > T_{\text{нт}};$$
$$K_{\Pi} = 0,007 / 0,005 = 1,4 > 1;$$

Оценим окупаемость затрат, используя зависимость [8]:

$$O_{\text{нт}} = \Delta K / \Delta C, \quad (4.6)$$

где $O_{\text{нт}}$ – окупаемость затрат, лет;

ΔK – капитальные вложения на новую технику, тыс.руб.;

ΔC – экономия по себестоимости, тыс.руб.

$$O_{\text{нт}} = 2263,65 / 1918 = 1,18 \text{ лет}$$

Производственно-экономический результат от реализации автоматизированной установки непрерывной разливки стали за счет внедрения автоматизированной системы взвешивания стальной ванны и измерения температуры стали в промковше с использованием инфракрасного датчика, согласно данным таблицы 4.4, достигнут в следующем:

1) Внедрение установки позволит сократить численность производственных рабочих на 25%, что соответственно повлияет на снижение себестоимости выпускаемой продукции (сляб).

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

2) Себестоимость снижена на 4% за счет затрат на оплату труда (1311тыс.руб.), расхода на электроэнергию, ремонт и содержание оборудования (492 тыс.руб.).

3) Качественным показателем эффективности использования новой техники является коэффициент производительности труда, равен 1,4, что говорит о снижении трудоемкости на данный период времени и о возможном росте объема выпускаемой предприятием продукции в последующем.

4) Условная годовая экономия от внедрения установки составила 1918 тыс.руб., годовой экономический эффект равен 1012,5 тыс.руб.

5) Направленные капитальные вложения в размере 2263,65 тыс.руб. окупятся предприятием через 1 год.

Таблица 4.4 – Техничко–экономические показатели установки

Наименование показателя	Величина		
	Базовый вариант	Разрабатываемый вариант	Рост (+), Снижение (-)
Годовой выпуск продукции, т	771725	771725	–
Капитальные вложения, Тыс.руб.	–	2263,65	+2263,65
Текущие затраты, Тыс.руб.	47729	45811	–1918
–заработная плата, Тыс.руб	5429	4118	–1311
–амортизация технолог. оборудования, Тыс.руб.	230	690	460
– затраты на ремонт и содержание, Тыс.руб.	1390	898	–492
Снижение себестоимости, %	–	4	–
Высвобождение рабочих, %	–	25	–
Условная годовая экономия, Тыс.руб.	–	1918	–
Годовой эконом. эффект, Тыс.руб.	–	1012,5	–
Срок окупаемости, г	–	1,18	–

Выводы по разделу четыре

Внедрение автоматизированной установки непрерывной разливки стали на ОАО «Ашинский металлургический завод» экономически целесообразно, поскольку при дополнительных затратах на новое оборудование в размере 2263,65

тыс.руб., достигается экономия по текущим расходам 1918 тыс.руб., годовой экономический эффект составляет 1012,5 тыс.руб. Срок окупаемости проекта составляет 1 год, что ниже нормативного показателя (2,5 года).

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Организация рабочего места оператора

5.1.1 Требования к помещению

Помещение должно иметь искусственное освещение; температуру воздуха 21–25°C, относительную влажность 40–60 %, скорость движения воздуха 0,1–0,2 м/с; содержание вредных химических веществ не должно превышать ПДК; уровень шума – не более 30 дБА; уровень вибрации – скорректированные значения по виброускорению – 20 дБ, по виброскорости – 50 дБ; потолок должен быть побелен, стены окрашены в светло-зелёный цвет, пол покрыт настилом серого цвета. Оборудовать помещение порошковым огнетушителем вместимостью 10 литров. Оптимальные нормы микроклимата приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оптимальные нормы микроклимата для помещения

Период года	Категория работ	Температура воздуха, град. С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха м/с
Холодный	легкая – 1а	22 – 24	40 – 60	0,1
	легкая – 1б	21 – 23	40 – 60	0,1
Теплый	легкая – 1а	23 – 25	40 – 60	0,1
	легкая – 1б	22 – 24	40 – 60	0,2

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 лк. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться люминесцентные лампы типа ЛД.

5.1.2 Расчет искусственного освещения (люминесцентного)

Одним из важнейших параметров производственной обстановки является освещение. Рациональное освещение обеспечивает достаточные условия для осуществления работающими своих функциональных обязанностей. Высокое качество освещения достигается постоянством освещенности во времени, рациональностью направления светового потока без наличия резких теней.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

Требования к искусственному освещению:

- достаточная освещенность рабочих поверхностей;
- ограничение прямой и отраженной блескости;
- рациональное направление света и степень его диффузии;
- постоянство освещенности во времени;
- надежность, бесперебойность и длительность работы осветительной установки в данных условиях среды;
- пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств;
- удобство управления осветительной установкой;
- экономичность сооружения и эксплуатации установки.

Выберем метод расчета для общего равномерного освещения операторной.

В связи с тем, что стены и потолок помещения имеют большой коэффициент отражения, принимаем метод расчета по коэффициенту использования светового потока. Расчет производим по [9].

Этот метод используется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей производственных помещений при отсутствии затемнений.

Расчет освещения методом коэффициента использования выполняется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

где Φ – необходимый световой поток ламп в каждом светильнике, лм;

E – нормативная минимальная освещенность, лк ;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, кв м;

z – коэффициент минимальной освещенности, величина которого находится в пределах от 1.1 до 1.5 (при оптимальных отношениях расстояния между светильниками к расчетной высоте для ламп накаливания и ДРЛ $z=1.15$ и для люминесцентных ламп $z=1.1$);

N – число светильников в помещении;

η – коэффициент использования светового потока. Принимаем:

$E=300$ лк; $k=1.5$; $z=1.1$.

Для освещения помещения применяем люминесцентные лампы.

Освещаемая площадь помещения определяется по формуле:

$$S=A \cdot B, \quad (5.2)$$

где S – освещаемая площадь, м²;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

$$S=8.98 \cdot 3.75=33.675 \text{ м}^2.$$

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

Размещение светильников в помещении при системе общего освещения зависит от рассчитанной высоты их подвеса h , которая обычно задается размерами помещений. Соотношение расстояния между светильниками к расчетной высоте подвеса:

$$\lambda = \frac{L}{h}; \quad (5.3)$$

принимается в зависимости от типовой кривой силы света светильника. Для люминесцентных ламп при косинусоидальной типовой кривой выбираем $\lambda = 1.4$. Находим расчетную высоту подвеса по следующей формуле:

$$h = H - h_1 - h_2, \quad (5.4)$$

H – высота помещения, м;

h_1 – высота свеса светильника (от перекрытия), м;

h_2 – высота рабочей поверхности над полом, м.

Принимаем:

$H=3.8$ м,

$h_1=0.8$ м,

$h_2=0.9$ м,

$h=3,8-0.8-0.9=2.1$ м.

Расстояние между светильниками определяем по формуле:

$$L=1.4 \cdot 2.1=2.94 \text{ м.}$$

Определяем количество светильников для установки в помещении:

$$N = \frac{S}{L^2}, \quad (5.5)$$

$$N = \frac{33.675}{2.94^2} = 3.896 \approx 4 \text{ шт.}$$

Для определения коэффициента использования η находим индекс помещения i :

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.6)$$

где A – ширина помещения, м;

B – длина помещения, м;

h – расчетная высота подвеса, м.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

$$i = \frac{33.675}{2.1 \cdot (3.75 + 8.98)} = 1.259.$$

Полученное значение i округляем до ближайшего табличного значения и принимаем $i=1.5$.

Оцениваем коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка – 70 %, стен – 50 %, рабочей поверхности – 30 %.

По полученным значениям определяем величину коэффициента использования светового потока для выбранного светильника. Выбираем светильник типа ПВЛМ – Д, для которого $\eta=73\%$.

Определим необходимый световой поток ламп в каждом светильнике:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 33.675 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{4 \cdot 0.73} = 5708,605 \text{ лк.}$$

Выбираем необходимую лампу. Количество ламп ЛД в светильнике две, мощность каждой 40 Вт, световой поток одной лампы 23 лм.

5.1.3 Требования к ЭВМ и рабочим местам

ПЭВМ должен обеспечивать фронтальное наблюдение экрана с поворотом корпуса по горизонтали и вертикали в пределах 60 град, и фиксацией в заданном положении. Яркость знака должна быть 60 кд/м², внешняя освещенность экрана 250 лк, угловой размер знака 40 угл. мин. Дизайн ПЭВМ, клавиатуры и др. блоков ПЭВМ должен иметь серую окраску. Площадь на 1 рабочее место с ПЭВМ должна быть 6 м, объем – 20 м³, расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – 1,2 м.

На рисунке 5.1 представлен план организации рабочего места.

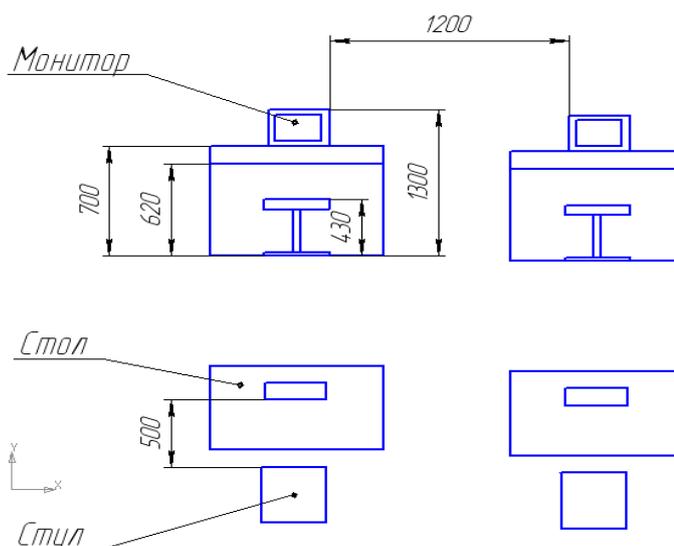


Рисунок 5.1 – План организации рабочего места

Конструкция одноместного стола для работы с ПЭВМ должна предусматривать: две отдельные поверхности: одна – горизонтальная для размещения ПЭВМ с плавной регулировкой по высоте в пределах 620 – 760 мм и вторая – для клавиатуры с плавной регулировкой по высоте и углу наклона от 0 до 15 градусов с надёжной фиксацией в оптимальном рабочем положении.

5.1.4 Требования к организации режима труда

Режимы труда при работе с ПЭВМ зависят от категории труда.

Категория А– считывание информации с предварительным запросом – не более 60000 знаков за смену.

Категория Б – работа по вводу информации с суммарным числом считываемых и вводимых знаков – не более 40000 знаков за смену;

Категория В– творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

Принимаем категорию труда для оператора – А: перерывы по 15 мин через 2 часа работы.

К работе инженером ПЭВМ допускаются:

– лица не моложе 18 лет, прошедшие обязательный при приеме на работу и ежегодные медицинские освидетельствования на предмет пригодности для работы на ЭВМ;

– прошедшие вводный инструктаж по охране труда;

– прошедшие обучение безопасным приемам и методам труда по программе, утвержденной руководителем предприятия (работодателем), разработанной на основе типовой программы и прошедшие проверку знаний, в том числе по электробезопасности с присвоением 1–й квалификационной группы по электробезопасности;

– прошедшие курс обучения принципам работы с вычислительной техникой, специальное обучение по работе на персональном компьютере с использованием конкретного программного обеспечения;

– прошедшие инструктаж по охране труда на конкретном рабочем месте по данной инструкции.

5.2 Расчёт защитного зануления тензодатчиков

Зануление производственного оборудования осуществляется с целью защиты персонала от опасности поражения электротоком в случае пробоя фазы на металлический корпус. Оно позволяет снизить до минимума риск травмирования вследствие быстрого отключения электроустановки от питающей сети. Для обеспечения этого нужно, чтобы сопротивление участка «фаза–ноль» было небольшим. Это достигается не только, безусловно, высоким качеством монтажа защитного проводника, но и предварительным расчётом зануления.

Расчёт делают с целью определить параметры, при которых зануление надёжно выполняет свои функции: уменьшает опасность поражения электротоком при при-

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

косновении к токопроводящим частям и быстро отсоединяет повреждённую установку от питания. Зануление рассчитывают на:

- безвредность прикосновения к повреждённому устройству в случае замыкания на землю;
- безопасность касания устройства в случае замыкания на корпус;
- отключающую способность.

Расчёт зануления тензодатчиков сводится к определению характеристик нулевого проводника (сечение, длина, материал).

Исходя из напряжения питания 12 В и сечения фазных проводников 0.75 мм^2 , выбираем согласно [10] (таблица 5.2) сечение нулевого проводника 1.5 мм^2 . Длина нулевого проводника принимается равной длине фазных проводников тензодатчиков – 12 метров. Материал нулевого проводника – алюминий. Нулевой провод проходит совместно с фазными проводниками, в общей изоляции. Прокладка кабеля осуществляется в трубах.

Требуется проверить обеспечена ли отключающая способность зануления в сети, при нулевом защитном проводнике – алюминиевом проводе сечением 6 мм^2 . Линия 12 В смедными проводами $4 \times 0,75 \text{ мм}^2$ питается от блока питания 15 ВА. Датчики защищены предохранителями $I_{\text{ном}}=2 \text{ А}$. Коэффициент кратности тока $K=3$.

Таблица 5.2 – Наименьшие сечения защитных проводников

Сечение фазных проводников, мм^2	Наименьшее сечение защитных проводников, мм^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Решение сводится к проверке условия по [11]:

$$I_K \geq K \cdot I_{\text{ном}}, \quad (5.7)$$

где I_K – ток однофазного короткого замыкания, проходящий по петле фаза–нуль;

$I_D \geq K \cdot I_{\text{ном}}$ – наименьший допустимый ток по условию срабатывания защиты (предохранителя);

$I_{\text{ном}}$ – номинальный ток предохранителя.

Выполнение этого условия обеспечит надежное срабатывание защиты при коротком замыкании (КЗ) фазы на зануленный корпус датчика. Расчёт производим по [11].

Определяем наименьшие допустимые значения токов датчиков:

$$I_{\text{д}} = K \cdot I_{\text{ном}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ А};$$

Полное сопротивление блока питания:

$$Z_{\text{б}} = 3 \text{ Ом};$$

Определяем на участке $l_1 = 12 \text{ м} = 0,012 \text{ км}$ активное $R_{1\phi}$ и индуктивное X_{ϕ} сопротивления фазного провода; активное $R_{\text{нз}}$ и индуктивное $X_{\text{нз}}$ сопротивления нулевого защитного провода и внешнее индуктивное сопротивление $X_{\text{п}}$ петли фаза–нуль.

Согласно паспортным данным кабеля марки АПВ 4х0,75 [6]:

$$R_{\text{уд}} = 5,21 \text{ ом/км},$$

$$X_{\text{уд}} = 0,1 \text{ ом/км};$$

$$R_{\phi} = R_{\text{уд}} \cdot l = 5,21 \cdot 0,012 = 0,0625 \text{ Ом},$$

$$X_{\phi} = X_{\text{уд}} \cdot l = 0,1 \cdot 0,012 = 0,0012 \text{ Ом};$$

Принимаем $X_{\phi} = 0 \text{ Ом}$.

Находим ожидаемую плотность тока в нулевом защитном проводе – стальной полосе сечением:

$$S_2 = 6 \text{ мм}^2;$$

$$j_1 = \frac{I_{\text{п}}}{S_2} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А/мм}^2$$

По [2] для $j_1 = 1 \text{ А/мм}^2$ и $S_2 = 6 \text{ мм}^2$ значениями активного и внутреннего индуктивного провода для алюминия можем пренебречь.

Определяем $X_{\text{п}}$ для $l = 12 \text{ м} = 0,012 \text{ км}$:

$$X_{\text{п}} = x_{\text{п}} \cdot l = 0,6 \cdot 0,012 = 0,0072 \text{ Ом};$$

$x_{\text{п}} = 0,6 \text{ Ом/км}$ – внешнее индуктивное сопротивление 1 км петли фаза–нуль, величина которого принята по рекомендации [2].

Находим действительные значения токов однофазного короткого замыкания, проходящих по петле фаза–нуль по формуле [2]:

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

$$I_K = \frac{U_\Phi}{\frac{Z_6}{3} + \sqrt{(R_\Phi + R_{H3})^2 + (X_\Phi + X_{H3} + X_{II})^2}} \quad (5.8)$$

При замыкании фазы на корпус датчика:

$$I_K = \frac{12}{\frac{3}{3} + \sqrt{(0,0625 + 0)^2 + (0 + 0 + 0,0072)^2}} = 11,29 \text{ А.}$$

Вывод: поскольку действительные значения токов однофазного короткого замыкания $I_K = 11,29 \text{ А}$ превышают соответствующее наименьшее допустимое по условиям срабатывания защиты ток $I_D = 6 \text{ А}$, нулевой защищенный провод выбран правильно, т.е. отключающая способность системы зануления обеспечена.

5.3 Действия формирований МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций

Ликвидация последствий ЧС на объекте предусматривает:

- оповещение рабочих и служащих;
- ведение разведки;
- использование средств индивидуальной и коллективной разведки;
- поиск, вынос пораженных и оказание им доврачебной медицинской помощи;
- эвакуация рабочих и служащих из очага поражения;
- проведение мероприятий по предотвращению распространения аварии;
- локализация очага поражения. Ликвидация химического заражения;
- при возникновении производственной аварии начальник ГО объекта экономики немедленно организует оповещение рабочих и служащих об опасности. Если произошла утечка АХОВ, то оповещается также население, проживающее в непосредственной близости от ОНХ, а также в направлении возможного распространения ядовитых газов.

Организация АСДНР и их проведение должны производиться в сжатые сроки. Оказание помощи пострадавшим не терпит промедления, т.к. по истечении даже незначительного времени все усилия могут оказаться бесполезными. Авария может развиваться и привести к катастрофическим последствиям, к возникновению новых очагов пожаров, взрывов, разрушений, дополнительным потерям в людях и материальных ценностях.

Организация АСДНР и их проведение должны производиться в сжатые сроки. Оказание помощи пострадавшим не терпит промедления, т.к. по истечении даже незначительного времени все усилия могут оказаться бесполезными. Авария может развиваться и привести к катастрофическим последствиям, к возникновению новых очагов пожаров, взрывов, разрушений, дополнительным потерям в людях и материальных ценностях.

Первоочередными спасательными действиями при авариях, взрывах, пожарах, землетрясениях, большинстве других ЧС и при ведении гражданской обороны являются работы по поиску и спасению пострадавших, оказавшихся в разрушенных и поврежденных зданиях и сооружениях, людей, заблокированных в помещениях или отрезанных огнем, дымом, обвалившимися стенами, перекрытиями и другими строительными элементами.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

Командиры формирований, находясь на участках (объектах) работ, определяют способы извлечения пораженных из завалов (деблокирование), порядок проведения спасательных работ, транспортировки пострадавших на медицинские пункты. Пораженных, находящихся вблизи поверхности завала или под мелкими обломками, извлекают, разбирая завал сверху вручную, а находящихся в глубине завала (под завалом) – через пустоты, щели, образовавшиеся от крупных элементов разрушенных зданий, или постепенно разбирая завал. Работы ведутся расчетами, которые действуют непрерывно, сменяя друг друга.

При пожарах и ликвидации их последствий могут привлекаться к работе и служащие для выполнения вспомогательных работ таких как:

- разработка завалов;
- откопка заваленных помещений;
- погрузка (разгрузка) оборудования;
- эвакуация материальных ценностей;
- обваловка разлившихся АХОВ;
- для крепления стен и несущих конструкций зданий, сооружений;
- расчистка территории и подготовка площадок для нового строительства;
- прокладка временных трасс тепло- и энергоснабжения и техногенных трасс.

5.3.1 Чрезвычайные ситуации связанные со взрывами

Взрывы чаще всего происходят на пожаро-взрывоопасных объектах, где могут возникнуть условия для образования газопаровоздушных смесей, пылевоздушных смесей, где в больших количествах применяются углеводородные газы (метан, этан, пропан).

Основные поражающие факторы взрыва пожаро-взрывные явления характеризуются следующими факторами:

- воздушной ударной волной, возникающей приразного рода взрывах газоздушных смесей, резервуаров с перегретой жидкостью и резервуаров под давлением;
- тепловым излучением и разлетающимися осколками;
- действием токсичных веществ, которые применялись в технологическом процессе или образовались в ходе пожара или других аварийных ситуациях.

Вторичные последствия от взрывов.

Действие воздушной ударной волны может вызывать вторичные последствия, так как при взрыве взрывчатого вещества в атмосфере возникают ударные волны, распространяющиеся с большой скоростью в виде областей сжатия. Ударная волна достигает земной поверхности и отражается от нее на некотором расстоянии от эпицентра взрыва, фронт отраженной волны сливается с фронтом падающей волны, вследствие чего образуется так называемая головная волна с вертикальным фронтом.

При наземном взрыве воздушная волна, как и при воздушном взрыве, распространяется от эпицентра с вертикальным фронтом.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

Основными параметрами, определяющими интенсивность ударной волны, являются: избыточное давление во фронте и длительность фазы сжатия. Эти параметры зависят от массы заряда ВВ определенного типа (т.е. энергии взрыва), высоты, условий взрыва и расстояния от эпицентра.

Действия населения при взрывах.

При взрыве на предприятии, прежде всего, необходимо предупредить рабочих и служащих, а также оповестить проживающее вблизи население.

Необходимо воспользоваться индивидуальными средствами защиты, а при их отсутствии для защиты органов дыхания – использовать ватно–марлевую повязку.

При повреждении здания взрывом входить в него следует с чрезвычайной осторожностью. Необходимо убедиться в отсутствии значительных повреждений перекрытий, стен, линий электро–, газо– и водоснабжения, а также утечек газа, очагов пожара.

Если взрыв вызвал возгорание, необходимо использовать первичные средства (огнетушители). Для недопущения распространения огня надо задействовать пожарные краны и гидранты.

Необходимо оказать помощь тем, кто оказался придавлен обломками конструкций. Помочь извлечь людей из завалов.

При спасении пострадавших следует соблюдать меры предосторожности от возможного обвала, пожара и других опасностей, осторожно вывести и оказать им первую медицинскую помощь, потушить горящую одежду, прекратить действие электрического тока, остановить кровотечение, перевязать раны, наложить шины при переломе конечностей.

5.3.2 Активно химически отравляющие вещества и защита от них

В качестве АХОВ могут быть: хлор, фосген, водород цианистый, нитрил акриловой кислоты, окислы азота, аммиак, диметиламин, сероводород, водород фтористый, эпихлоргидрин, сернистый ангидрид, водород хлористый (соляная кислота концентрированная), метил хлористый, окись этилена, сероуглерод, анилин и другие вещества.

Причинами возникновения очагов заражения активно химически отравляющими веществами могут служить ядерные или обычные удары противника, стихийные бедствия, ж/д катастрофы, пожары и аварии на объектах, имеющих отравляющие вещества. Под воздействием этих причин возникнут разрушения объектов и емкостей с АХОВ, из которых произойдет их разлив (выброс) – в результате чего образуются зоны заражения АХОВ.

На открытой местности зоны увеличиваются в 3,5 раза, но общая глубина не может превышать 80 км.

Важной характеристикой очагов поражения, образуемых АХОВ являются:

– очаги поражения делятся на участок непосредственного вылива (выброса) АХОВ и зону распространения их паров;

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77

– продолжительность существования участков непосредственного вылива (выброса) веществ – стойкость заражения, зависящая от времени самодегазации вылитого АХОВ;

– АХОВ, имеющие температуру кипения до 20°С (окись углерода, хлор, аммиак, сернистый ангидрид) быстро испаряются, поэтому стойкость заражения участка вылива небольшая, по времени ненамного превосходит время непосредственного вылива (выброса) их. Пары таких веществ, в т.ч. опасных концентраций, могут обнаруживаться до нескольких километров от места вылива;

– АХОВ, имеющие температуру кипения выше 20°С (треххлористый фосфор, сероуглерод) испаряются медленно, поэтому стойкость заражения на участке вылива будет до несколько часов. Пары таких веществ в опасных концентрациях распространяются всего лишь до нескольких сот метров и очень редко за километр;

–в населенных пунктах, лесах, помещениях и подвалах возможен застой паров АХОВ и с высокими концентрациями.

При отравлении большинством АХОВ, особенно хлором и его производными, любые физические нагрузки, в том числе и самостоятельный выход из зараженной зоны, опасны для дыхательной и сердечно–сосудистой систем, могут утяжелить отравление. Следовательно, пораженных АХОВ чаще всего надо рассматривать как нуждающихся в эвакуации с помощью транспортных средств.

Все лица принимающие участие в ликвидации последствий разлива (выброса) АХОВ, должны уметь оказывать помощь пораженным (в том числе само– и взаимопомощь):

- уметь надевать на них противогаз;
- выводить (выносить) из очагов поражения;
- делать искусственное дыхание и прямой массаж сердца;
- нейтрализовать находящихся на коже АХОВ;
- промывать глаза водой или соответствующими растворами.

Все это будет способствовать быстрой и эффективной работе по ликвидации последствий, исключит или уменьшит потери от АХОВ.

Разработан комплекс мероприятий по защите от АХОВ, включающий в себя:

- инженерно–технические мероприятия по хранению и использованию АХОВ;
- повседневный химический контроль;
- обеспечение СИЗ;
- прогнозирование;
- оповещение об опасности заражения;
- химическая разведка;
- использование средств коллективной и индивидуальной защиты;
- поиск пораженных и оказание помощи;
- эвакуация людей из опасной зоны;
- ликвидация и локализация зараженных.

а) Поражающие действия АХОВ.

На людей поражающее действие АХОВ оказывают как в капельножидком виде на кожу, так и вдыхания их паров.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		78

По токсическим свойствам АХОВ в основном являются веществами общеядовитого и удушающего действия. Токсичность действия паров хлора характеризуется:

- при концентрации 0,1 – 0,2 мг/л – смерть человека могут вызвать при вдыхании их в течение не менее одного часа;
- при концентрации 10 – 15 мг/л – 1–2 вдоха вызовут рефлекторную остановку дыхания и смерть.

Симптомами отравления парами АХОВ в большинстве случаев бывают: головная боль, головокружение, потемнение в глазах, шум в ушах, нарастающая слабость, одышка, тошнота, рвота, а при сильных отравлениях – обморок, судороги, потеря сознания и даже смерть.

Некоторые из АХОВ при высоких концентрациях их паров способны вызвать кожные поражения человека (с образованием пузырей).

б) Защита населения от АХОВ.

Правила действия населения в очагах поражения АХОВ, мало чем отличается от правил действия в очагах поражения отравляющими веществами, а именно: по сигналу «Химическая тревога»:

- срочно надеть противогаз, а в случае необходимости и средства защиты кожи;
- если поблизости есть убежище – укрыться в нем;
- перед тем, как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища;
- снять противогаз после входа в убежище;
- находиться в убежище следует до получения распоряжения.

С получение распоряжения на выход из убежища надо:

- выходить из очага поражения только в сторону перпендикулярную направлению ветра или по направлению указок или по указанию постов милиции;
- на заряженной ОВ территории надо двигаться не снимая противогаз быстро и не поднимать пыль;
- по возможности избегать движение оврагами, лощинами, лугами и болотами, т.к. возможен длительный застой паров ОВ;
- в случае обнаружения во время движения капель или мазков ОВ на коже, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты, необходимо немедленно снять их тампоном из марли или ваты, затем обработать раствором из противохимического пакета;
- пораженным людям следует оказать помощь в надевании средств индивидуальной защиты и выходе из очага химического поражения;
- после выхода из очага поражения как можно скорее провести санитарную обработку.

Надо помнить, что подвал, перекрытия, щель и другие заглубленные помещения могут служить защитой от капельножидких ОВ, но не защищает от паров ОВ.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		79

Выводы по разделу пять

В данном разделе были рассмотрены мероприятия, связанные с организацией рабочего места оператора: рассчитано освещение, установлены нормы освещённости, разработана планировка рабочего места оператора. Так же в данном разделе рассчитано зануление тензодатчиков и обеспечена отключающая способность. Рассмотрены действия МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе предложена автоматизация системы управления разливкой на машине непрерывного литья заготовок путём автоматизации взвешивания стальной ванны и измерения температуры стали в промковше, с последующим управлением приводами подъёмно–поворотного станда.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны: структурная схема управления установкой, принципиальная электрическая схема системы взвешивания стальной ванны, блок управления и информационный блок системы управления автоматизированной установкой. Подобраны тензометрические датчики, цифровые преобразователи сигнала, модемы для передачи данных, датчики температуры, контроллер и периферия для связи с ним, так же разработан информационный блок, способствующий сохранению информации о текущих процессах, взаимодействию с оператором.

Разработка установки позволит предприятию достичь:

- увеличения объема производимой продукции;
- сокращения затрат, включаемых в себестоимость выпускаемой товарной продукции;
- увеличения производительности труда.

Внедрение установки является целесообразным по следующим причинам:

- конструкторское решение позволит добиться точности, надежности, быстроты действия, автоматичности, производительности и качества;
- организационная целесообразность установки заключается в повышении уровня производства и эксплуатации, непрерывности и ритмичности производства, в сокращении простоев, а также аварийных ситуаций на участке непрерывного литья заготовок;
- внедрение автоматизированной системы взвешивания и измерения температуры стали сократит длительность цикла производства слэбов, установит рациональный режим работы;
- автоматизация системы на участке МНЛЗ позволит сократить расходы, включаемые в себестоимость выпускаемой продукции, за счет сокращения численности производственных рабочих.

При дополнительных затратах на новое оборудование в размере 2263,65 тыс.руб., будет достигнута экономия по текущим расходам 1918 тыс.руб., годовой экономический эффект составит 1012,5 тыс.руб. Срок окупаемости установки составляет 1 год, что ниже нормативного показателя (2,5 года). Себестоимость продукции снизится на 4%.

Разработанная автоматизированная система управления разливкой на машине непрерывного литья заготовок может быть применена на Ашинском металлургическом заводе.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		81

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Вальков, В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершинин. – 3-е изд. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.

2 Проектирование датчиков для измерения механических величин / Е. П. Осадчий, А. И. Тихонов, В. И. Карпов и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.

3 Терещук, Р. М. Справочник радиолюбителя / Р. М. Терещук, Р. М. Домбругов, Н. Д. Босый. – К.; Государственное издательство технической литературы УССР, 1957. – 506 с.

4 Григорьев, В. А. Сети и системы радиодоступа / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, О. А. Распаев. – М.: Эко-Тренз, 2005. – 384 с.

5 Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 248 с.

6 Морозов, А. Г. Электротехника, электроника и импульсная техника / А. Г. Морозов. – М.: Высшая школа, 1987. – 448 с.

7 Гвоздева, Т. В. Проектирование информационных систем, учебное пособие / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 508 с.

8 Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А. А. Иванов. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.

9 Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, Ю. Б. Ололенцев, Р. И. Берим, В. М. Крючков. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.

10 Правила устройства электроустановок. – М.: ФОРТ, 2009. – 704 с.

11 Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – 2-е издание. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

					15.03.04.2018.067.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		82

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Технические данные контроллера Siemens Simatic S7-400

Таблица А.1 – Технические данные контроллера

Электромагнитная совместимость:	
стойкость к воздействиям статических разрядов	±6 кВ, контактный разряд (в соответствии с IEC 61000-4-2)
	±8 кВ, через воздушный зазор (в соответствии с IEC 61000-4-2)
наводки в кабеле подачи питания	2 кВ (в соответствии с IEC 61000-4-4; взрыв)
стойкость к воздействиям на сигнальные цепи	2 кВ (в соответствии с IEC 61000-4-4; взрыв)
класс ограничения генерируемых шумов	В в соответствии с EN 55022
волновые воздействия в соответствии с IEC 61000-4-5	ассиметричные
	симметричные
стойкость к воздействию высокочастотной радиации	1 кВ для цепи питания постоянным током с защитным элементом
	1 кВ для сигнальных цепей с защитными элементами
стойкость к воздействию высокочастотной радиации	10 В/м с 80 % амплитудной модуляцией при 1 кГц, 80 МГц ... 1 ГГц (в соответствии с IEC 61000-4-3)
	10 В/м, импульсная модуляция, 50 % нагрузка, при 900 МГц (в соответствии с IEC 61000-4-3)
Условия хранения и транспортировки	Условия хранения: IEC 60721, часть 3-3, класс 3К7. Условия транспортировки: IEC 60721, часть 3-2, класс 2К4.
свободное падение с высоты	не более 1 м (до 10 кг)
температурный диапазон	-40 ... +70 °С
атмосферное давление	1080 ... 660 гПа (-1000 ... 3500 м над уровнем моря)
относительная влажность при +25 °С	5 ... 95 %, без конденсата
синусоидальные вибрационные воздействия по IEC 60068-2-6	5 ... 9 Гц с постоянной амплитудой 3.5 мм
	9 ... 500 Гц с постоянным ускорением 9.8 м/с ²

Продолжение таблицы А.1

ударные воздействия по IEC 60068-2-29	250 м/с ² , 6 мс, 1000 ударов
Условия эксплуатации:	
синусоидальные вибрационные воздействия по IEC 60068-2-6	10 ... 58 Гц с постоянной амплитудой 0.075 мм
	58 ... 500 Гц с постоянным ускорением 9.8 м/с ²
ударные воздействия по IEC 60068-2-29	10 g, 6 мс, 100 ударов
температурный диапазон	0 ... +60 °С
относительная влажность при +25 °С	до 95 %, без конденсата
атмосферное давление	1080 ... 860 гПа (-1000 ... 1500 м над уровнем моря)
Класс безопасности	I по IEC 60536 (VDE 0106, часть 1)
Испытательное напряжение изоляции цепей U _e по отношению к другим цепям и земле (IEC 61131-2)	0 <U _e ≤ 50 В 350 В
	50 <U _e ≤ 100 В 700 В
	100 <U _e ≤ 150 В 1300 В
	150 <U _e ≤ 300 В 2200 В